최종보고서(연구단 총괄용)

보안등급
일반[✔], 보안[ ]

중앙행정기관명	국토교통부	사업명	사업명	국토공간정보연구사업
전문기관명	국토교통과학기술진흥원		내역사업명	공간정보융합서비스기술
공고번호	공고-제27호	총괄연구개발 식별번호		21NSIP-B135746-05
		연구개발과제번호		-

국가과학기술 표준분류	EI0201 건설 교통	80%	SF0206 국토공간개발기술	10%	EE1401 국토지능화 공간정보	10%

총괄연구개발명	국문	세계 최고수준의 저비용 고효율 실내공간정보 핵심기술 개발 및 실증	
	영문	Developing World-Leading Cost Effective Indoor Spatial Information Core Technologies and its Test Beds	
연구개발과제명	1세부 국문	저비용, 고효율 실내공간정보 구축 및 갱신 핵심기술 개발	
	1세부 영문	Developing Low-Cost, High-Efficiency Indoor Spatial Information Core Technologies	
	2세부 국문	실내공간정보 활용 지원 기술 개발	
	2세부 영문	Developing Support Technology for Indoor Spatial Information Uses	
	3세부 국문	실내공간정보 테스트베드 구축 및 실증 개발	
	3세부 영문	Developing Demonstration and Construction of Testbed for Indoor Spatial Information	
주관연구기관	기관명	부산대학교 산학협력단	사업자등록번호 621-82-06530
	주소	(46241) 부산시 금정구 장전동 부산대학로 63번길 2 부산대학교	법인등록번호 184771-0000478
주관연구책임자	성명	이 기 준	직위 교수
	연락처	직장전화 051)510-2299 / 휴대전화 010-3583-1012	
		전자우편 lik@pusan.ac.kr / 국가연구자번호 10055430	
연구개발기간	전체	2017. 07. 31 - 2021. 12. 31(4년 6개월)	
	1년차	2017. 07. 31 - 2017. 12. 31(1년 개월)	
	2년차	2018. 01. 01 - 2018. 12. 31(1년 개월)	
	3년차	2019. 01. 01 - 2019. 12. 31(1년 개월)	
	4년차	2020. 01. 01 - 2020. 12. 31(1년 개월)	
	5년차	2021. 01. 01 - 2021. 12. 31(1년 개월)	

연구개발비 (단위 : 천원)	정부지원 연구개발비	기관부담 연구개발비		그 외 기관 등의 지원금				합계			연구개발비 외 지원금
				지방자치단체		기타( )					
	현금	현금	현물	현금	현물	현금	현물	현금	현물	합계	
총계	14,346,000	452,200	4,069,800	-	-	-	-		4,069,800	18,868,000	-
1년차	478,000	16,000	144,000	-	-	-	-		144,000	638,000	-
2년차	2,155,000	72,300	650,700	-	-	-	-		650,700	2,878,000	-
3년차	3,584,000	120,700	1,086,300	-	-	-	-		1,086,300	4,791,000	-
4년차	5,437,000	172,500	1,552,500	-	-	-	-		1,552,500	7,162,000	-
5년차	2,692,000	70,700	636,300	-	-	-	-		636,300	3,399,000	-

주관(협동) 연구기관	기관명	책임자	직위	휴대전화	전자우편	비고	
						역할	기관유형
1세부	서울대학교 산학협력단	유기윤	정교수	010-5000-1090	kiyun@snu.ac.kr	협동	대학
2세부	한국건설기술연구원	최현상	연구위원	010-4000-4639	hyunsang@kict.re.kr	협동	연구소
3세부	부산대학교 산학협력단	이기준	교수	010-3583-1012	lik@pusan.ac.kr	주관	대학

연구개발담당자 실무담당자	성명	이기준	직위	교수
	연락처	직장전화 051) 510-2299	휴대전화	010-3583-1012
		전자우편 lik@pusan.ac.kr	국가연구자번호	10055430

이 최종보고서에 기재된 내용이 사실임을 확인하며, 만약 사실이 아닌 경우 관련 법령 및 규정에 따라 제재 처분 등의 불이익도 감수하겠습니다.

2022 년 3 월 4 일

주관연구책임자 : 이 기 준 (직인)

주관연구기관의 장 : 부산대학교 산학협력단 최 경 민 (직인)

국토교통과학기술진흥원장 귀하

< 요 약 문 >

<table>
<tr><td colspan="3">사업명</td><td colspan="3">국토공간정보연구사업</td><td>총괄연구개발 식별번호</td><td colspan="2">21NSIP-B135746-05</td></tr>
<tr><td colspan="3">내역사업명</td><td colspan="3">공간정보융합서비스기술</td><td>연구개발과제번호</td><td colspan="2">-</td></tr>
<tr><td colspan="3">국가과학기술
표준분류</td><td colspan="6">EI0201 건설 교통 80% | SF0206 국토공간개발기술 10% | EE1401 국토지능화 공간정보 10%</td></tr>
<tr><td colspan="3">총괄연구개발명</td><td colspan="6">세계 최고수준의 저비용 고효율 실내공간정보 핵심기술 개발 및 실증</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="3">연구개발
과제명</td><td>1세부</td><td colspan="6">저비용, 고효율 실내공간정보 구축 및 갱신 핵심기술 개발</td></tr>
<tr><td>2세부</td><td colspan="6">실내공간정보 활용 지원 기술 개발</td></tr>
<tr><td>3세부</td><td colspan="6">실내공간정보 테스트베드 구축 및 실증 개발</td></tr>
<tr><td colspan="3">전체 연구개발기간</td><td colspan="6">2017. 07. 31 - 2021. 12. 31(4년 6개월)</td></tr>
<tr><td colspan="3">총 연구개발비</td><td colspan="6">총 18,868,000 천원
(정부지원연구개발비 : 14,346,000 천원, 기관부담연구개발비 : 4,522,000 천원,
지방자치단체 : 천원, 그 외 지원금 : 천원)</td></tr>
<tr><td colspan="3">연구개발단계</td><td colspan="2">기초[ ] 응용[✔] 개발[ ]
기타(위 3가지에 해당되지 않는 경우)[ ]</td><td>기술성숙도</td><td colspan="2">착수시점 기준( )
종료시점 목표( )</td></tr>
<tr><td colspan="3">연구개발과제 유형</td><td colspan="6">지정공모 [✔] 자유공모 [ ]</td></tr>
<tr><td colspan="3">연구개발과제 특성</td><td colspan="6">실용화</td></tr>
<tr><td rowspan="8">연구
개발
목표
및
내용</td><td colspan="2">최종 목표</td><td colspan="6">세계 최고 수준의 실내공간정보의 핵심 및 실증기술 개발
1. 고정밀부터 사용자 참여형까지의 다양한 실내공간정보 구축/갱신 기술 개발
2. 실내공간정보 분야 활성화를 위한 실내공간정보 표준 및 활용 지원 기술 개발
3 전체 연구단에서 개발되는 결과물을 통합/연계하는 것과 실내공간분석 방법/도구를 개발</td></tr>
<tr><td colspan="2">전체 내용</td><td colspan="6">1. 3차원 실내공간의 기하객체 생성을 위해 도면, 포인트클라우드를 대상으로 한 다양한 실내공간정보 구축/갱신 기술 개발함
2. 1세부의 기술개발을 통해 구축 및 갱신되는 실내공간정보를 다양한 응용서비스에서 활용함에서 있어 요구되는 주요 지원기술을 개발함
3. 실내공간정보 생산 및 가공 기술을 통합하여 테스트베드를 구축하고 실증서비스 사이트 (실내화재대응 솔루션, OpenIndoorMap과 시각장애인을 위한 음성 실내지도 서비스)를 국내 및 국외에 설치하며 생산되는 데이터 및 결과물의 품질을 관리함</td></tr>
<tr><td rowspan="2">1년차</td><td>목표</td><td colspan="6">1. 사용자 참여형 실내공간정보 구축 과정 설계 및 저비용·고정밀 실내공간정보 취득 기반 마련
2. 실내공간정보 활용 지원 기술 개발을 위한 표준화 방향 수립 및 알고리즘 설계
3. 실내공간정보 테스트베드를 위한 요구조건 분석 및 설계</td></tr>
<tr><td>내용</td><td colspan="6">1. 기술분석보고서, 개발환경구축, 기술개발로드맵
2. BIM/CAD자료 자동변환을 위한 최적방법론 탐색 및 기반연구, 실내공간데이터보델 분석 및 실내공간정보 표준화 방안 모색, 실내공간정보 관리지능화 기술 정의 및 관련 연구조사, 이종 데이터 연계를 위한 기반 조사 및 개발계획 수립
3. 세부 연구단의 성과물을 통합/실험할 수 있는 테스트베드 구조 및 인터페이스 설계</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2년차</td><td>목표</td><td colspan="6">1. ML기반 실내도면 이미지 벡터화 알고리즘 개발 및 이벤트 카메라 기반 단순형상 에지추출 기술 개발
2. 실내공간정보 활용을 위한 이종 데이터 변환 표준화 방안 및 요소기술 개발
3. 실내공간정보 테스트베드와 실증서비스를 위한 기초 환경 및 방법론 개발</td></tr>
<tr><td>내용</td><td colspan="6">1. 실내도면이미지벡터화 알고리즘 및 SW, 정형 형성정보 구축 자동화기초 기술, 착용형 장치 설계
2. BIM/CAD자료 자동변환을 위한 핵심알고리즘 개발 및 기계학습 플랫폼 설계, 실내공간정보 표준화 및 실내외 공간정보 연계모듈의 요소기능 개발, 실내공간정보 관리지능화 요소 기술 개발(1), 실내외 공간정보 연계을 위한 IFC/KML 등의 이종데이터 Parser 개발
3. 테스트베드를 위한 기초 실내공간데이터 구축 및 실증 서비스 설계</td></tr>
<tr><td rowspan="2">3년차</td><td>목표</td><td colspan="6">1. 기하학적 요소 기반 실내공간 형상 정보 구축 및 건축부분 중 비정형 기하요소 구축 자동화
2. 실내공간정보 표준화, 관리 지능화 기술 및 실내공간정보 모델링 지원 도구 개발
3. 실내공간정보 테스트베드를 이용한 성과물 연계/통합 및 단위 실증서비스 개발</td></tr>
<tr><td>내용</td><td colspan="6">1. 도면이미지의 객체탐지 알고리즘 및 SW, 형상정보 구축 자동화 기술, 정밀스캔 착용기구
2. BIM/CAD자료의 실내공간정보 변환 핵심알고리즘 프로토타입 개발(1), 실내공간정보 표준화 및 실내외 공간정보 연계 기술개발, 실내공간정보 관리지능화 요소 기술 개</td></tr>
</table>

			발(2), IndoorGML 편집 및 데이터전송 기능 개발 3. 테스트베드를 활용한 성과물 통합환경 구축 및 기반 실증서비스 개발
	4년차	목표	1. 실내 시설물 용도/형상 고려 실내공간의 Interactive 3D모델링 및 센서 데이터 기반 실감지도 자동 작성 기술 개발 2. 이종 소프트웨어기반 실내공간정보 활용지원 도구 및 클라우드 기반 활용지원 기술 개발 3. 테스트베드 확대 및 실증서비스 적용 발굴/개발
		내용	1. 도면이미지 Interactive 3D 모델링 기술 및 SW, 센서 데이터 기반 실감지도 작성기술 및 센서 시스템 시작품 2. BIM/CAD자료의 실내공간정보 변환 핵심알고리즘 프로토타입 개발(2), 실내공간정보의 데이터 모델 및 인터페이스 연계 표준 보완, 클라우드 기반 실내공간정보 관리 기술 개발, IndoorGML 편집도구 개선 및 Validation 기능 통합 3. 국내외 공간정보 테스트베드 확대 및 실증서비스 (실내화재, 실내공간정보 공유, 음성기반 실내길안내 서비스) 개발
	5년차	목표	1. 사용자 참여형 3D 실내공간 Viewer 개발 및 실내공간정보 부분갱신을 위한 고속데이터 취득 및 자동 업데이트 2. 개발 기술 고도화 및 테스트베드 적용을 통한 기술 검증 3. 테스트베드 확대 및 실증서비스 안정화
		내용	1. OLU환경 3D 실내공간 Viewer, 고속 데이터 취득 및 업데이트 기술, 핵심기술 상용화 2. CAD/BIM기반 실내공간정보 저작도구 테스트베드 적용 및 실증, 테스트베드 적용을 위한 실내공간정보 표준 및 실내외 공간정보 연계기술 수정보완, 실내공간정보 관리 엔진기술 고도화 및 테스트베드 적용 및 실증, 실내공간정보 통합 편집도구 테스트베드 적용 및 실증 3. 테스트베드 확대 적용하며, 실증서비스를 안정화하고, 추가의 실증서비스 개발
연구개발성과			본 연구개발의 성과는 다음과 같다. - 실내공간에 대한 고정밀/고품질의 고정형 및 개인용 데이터 생성도구 - 실내공간에 대한 사용자 참여형 개인용 데이터 생성도구 - BIM/CAD로부터 실내공간정보 편집도구 - 실내공간표준 IndoorGML 2.0, 관련 제안서 및 IndoorGML Validator - 실내공간정보 경량화도구 - 실내공간 객체단위 가시화 및 편집 도구 - OpenIndoorMap 포털 - 시각장애인 실내음성지도 서비스 - 실내 재난대응 지원 시스템
연구개발성과 활용방안 및 기대효과			가장 중요한 기대효과는 지금까지 병목이었던 실내공간데이터 구축 문제를 해결한다는 것이다. 이를 바탕으로 먼저 OpenIndoorMap이라는 세계를 대상으로 하며 Google Indoor Map에 대응되는 서비스를 만들어 쉽게 실내공간정보를 소비할 수 있도록 할 계획이다. 이는 우리나라에서 개발된 공간정보 기술이 세계적으로 사용되는 매우 중요한 계기가 될 것이다. 일단 OpenIndoorMap이 세계적으로 사용되면, 이를 통하여 국내의 실내공간정보 기술이 세계에 쉽게 소개되는 중요한 통로 역할을 할 것으로 기대한다. 이와 동시에 여러 가지의 서비스 모델을 실증서비스로 만들어 공공적 목적과 기술적 목적을 동시에 달성할 것이다. 특히 실내재난대응과 시각장애인을 위한 실내 음성지도 서비스는 공공적 기대효과와 기술적 기대효과를 동시에 달성하며, 궁극적으로 산업적 효과도 상당할 것이다.
연구개발성과의 비공개여부 및 사유			해당없음

연구개발성과의 등록·기탁 건수	논문	특허	보고서 원문	연구시설·장비	기술요약정보	소프트웨어	표준	생명자원		화합물	신품종	
								생명정보	생물자원		정보	실물
	33.66	36.82	1	-	-	65	8	-	-	-	-	-

연구시설·장비 종합정보시스템 등록 현황	구입기관	연구시설·장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	ZEUS 등록번호

국문핵심어 (5개 이내)	실내공간데이터 구축	실내공간데이터 표준	실내공간정보 관리	실내공간정보 테스트베드	실내공간정보 활용
영문핵심어 (5개 이내)	building indoor spatial data	indoor spatial standards	managing indoor spatial data	test bed for indoor spatial information	applications of indoor spatial information

〈 목 차 〉

1. 연구개발과제의 개요 ····· 5

2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용 ····· 19

3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도 ····· 63

4. 목표 미달 시 원인분석 ····· 383

5. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도 ····· 387

6. 연구개발성과 관리 및 활용 계획 ····· 390

별첨자료(참고문헌 등)

1. 연구개발과제의 개요

1) 연구개발과제의 최종 목표

[서울대학교]

최종 연구목표	연구내용	최종성과물
사용자 참여형 자료 기반 실내 3D 형상 구축 기술 개발	- 사용자 참여형 자료 기반의 3D 실내공간 정보 구축 프로세스 개발 - ML(Machine Learning) 기반 벡터라이징 기법 개발 - 벡터데이터 가공 및 실내 3D 공간정보 DB 구축 기술 개발	- 평면도이미지 기반의 3D 실내공간정보 구축 프로세스 - ML기반 실내도면 이미지 자동벡터화 방법론
실내공간 데이터의 3차원화를 위한 정보 구체화 및 사용자 기반 환경의 3D 실내공간 뷰어 설계	- 실내공간 데이터의 3차원화를 위한 실내공간 구성요소의 형상 및 의미정보 구체화 - OLU 기반의 3D 실내공간 뷰어 기능 설계	- 구축 정보의 품질 향상을 위한 개선된 ML기반 기하정보 추출 모듈 및 의미정보 구축 알고리즘 - 3차원 실내공간 데이터 뷰어 기능 설계 문서

[고려대학교]

최종 연구목표	연구내용	최종성과물
저비용 · 고정밀 실내공간정보 구축을 위한 융합형 실감지도 작성 기술 개발	- 저비용 · 고정밀 실내공간 정보 취득 - 실내공간 정형 · 비정형의 형상 정보 구축 - 실내공간 비형상 정보 자동 추출 - 인공지능을 이용한 실내 비형상 정보 자동 추출 - 실내공간정보 부분 갱신 및 자동 업데이트	- 저비용/고정밀 실내공간 모델링 S/W - 300평 floor 지도 작성 비용 기준 50%의 구축비용 절감 (형상 정보 구축 자동화를 통한 원가 절감 및 실내공간 정보 품질 개선을 통한 이윤 향상) *현재 LOD3급 Lidar 기반 실내공간정보 구축비용: m^2당 6,988원, (출처: 국토해양부 실내공간정보 및 위치검색 통합관리체계 기술기반 연구 보고서 2012)

[㈜신한항업]

최종 연구목표	연구내용	최종성과물
사용자 참여형 자료 기반 실내 3D 형상 구축 기술 개발	- 사용자 참여형 자료 기반의 3D 실내공간정보 구축 기술 개발 - ML(Machine Learning) 기반 벡터라이징 기술 개발 - 벡터데이터 가공 및 실내 3D 공간정보 DB 구축 기술 개발	- 평면도이미지 기반의 3D 실내공간정보 기술 도구 - ML기반 실내도면 이미지 자동 벡터화 도구
실내시설물의 Interactive 3D 모델링 방법 및 OLU(OpenLevelUp)기반 3D 뷰어 개발	- 실내 시설물의 용도(방, 출입구, 계단 등)와 형상을 고려한 실내공간의 Interactive 3D 모델링 기술 개발 - OLU(OpenLevelUp) 환경의 3D 실내 공간 뷰어 개발	- 시설물의 용도별 높이 추정 및 실내 시설물의 용도 및 형상별 컬러링 도구 - OLU 기반 3D 실내공간 뷰어 SW

[㈜티랩스]

최종 연구목표	연구내용	최종성과물
저비용·고정밀 실내공간정보 구축을 위한 카메라 융합형 실감지도 작성 기술 개발	- 카메라 융합형 개인화된 배낭형 센서 시스템 시작품 제작 - 저비용/고정밀 실내공간정보 구출 기술 상용화	- 저비용/고정밀 실내공간 모델링 H/W 및 상용제품

[한양대학교]

최종 연구목표	연구내용	최종성과물
정밀 공간 스캔을 위한 착용형 시스템 개발	- 정밀스캔을 위한 착용형장치 설계 및 제어 - 착용자에 의한 외란극복 제어 및 설계연구 - 착용 기구 실용성 증대 방안 연구 (경량화, 편의성)	- 스캔 장치 구동을 위한 착용형 장치 설계, 제어 기술 - 착용형 장치 시작품

[한국건설기술연구원]

최종 연구목표	연구내용	최종성과물
CAD/BIM 데이터기반 실내공간정보 구축 자동화 기술 개발	-CAD 레이어명 분석을 통한 실내공간정보 변환 알고리즘 개발(Ruleset 등) -Text Mining 및 기계학습 기반 레이어 추출 자동화 및 사용자 검증 기술 개발 -BIM/CAD 기반 IndoorGML 실내공간정보 변환 자동화 기술 개발 -Solid, Surface Type 실내공간정보 형상(Geometry) 편집기 기능개발 정의 및 SW 설계 -실내공간정보 데이터모델 및 LoDs 표준에 따른 속성정보(Attribure) 편집기 기능개발 정의 및 SW 설계 -Data Convertor 및 편집기 통합 모듈 개발	-CAD 레이어명 기반의 CAD(DXF) Convertor 시제품 -IFC-CityGML 표맷 변환을 통한 BIM data Convertor 시제품 -CAD/BIM Data Convertor SW 패키지 -형상 편집기 및 속성정보 편집기 시제품 -CAD/BIM Data Convertor 및 Editor 통합 모듈(SW) 구성(SW 2종)

[서울시립대학교]

최종 연구목표	연구내용	최종성과물
[2-2 서울시립대학교] 실내공간정보 표준화	-LoD 기반 실내공간 데이터 모델 표준 개발 -실내공간 데이터 객체모델 표준 개발 -실내공간 데이터 포맷 표준 개발 -실내공간 POI 데이터 모델 표준 개발 -OGC IndoorGML 표준 선도	-2차원적 Indoor LoD 정의 -Indoor POI 데이터모델 -IndoorGML Validator -CityGML ADE 기반의 실내공간 데이터 모델 TTA 표준안
[2-2 서울시립대학교] 실내외 공간정보 연계 고도화 기술 개발	-수직적 공간데이터의 융복합 연계 방법 알고리즘 개발 -수직적 공간데이터의 융복합 연계 방법 알고리즘 개발 -이종의 포맷을 갖는 공간데이터의 융복합 연계 알고리즘 개발 -실내외 공간정보 연계 고도화 기술 활용 알고리즘 개발	-실내외 공간데이터 융복합 연계 기술 -CityGML ADE 기반의 실내공간 데이터 모델 OGC 표준안 -실내외 공간정보 연계 고도화 기술 활용 알고리즘 -실내공간정보 활용지원 OpenAPI

[㈜울포랜드]

최종 연구목표	연구내용	최종성과물
실내공간정보 관리 지능화 요소기술 개발	-실내공간정보 수준별 경량화 모듈 개발 -실내공간정보 LOD 자동변환 모듈 개발 -실내공간정보 포맷 자동변환 모듈 개발	-수준별 경량화 SW -LOD 및 포맷 자동변환 SW
실내공간정보 관리 엔진 개발	-클라우드 기반 실내공간정보 저장/관리 기술 개발 -관리 지능화 요소기술 고도화 및 패키징	-클라우드 기반 실내공간정보 관리 엔진

[㈜유엔이]

최종 연구목표	연구내용	최종성과물
Indoor GML자동생성 및 편집기능 개발	-다양한 이기종의 공간정보 data parser 및 가시화 기능 개발 -다양한 포맷 기반의 IndoorGML에 필요한 속성·Geometry 생성 및 편집기능 개발	- IndoorGML자동생성 및 편집 도구
In&Out Integration 모듈 개발	- Indoor GML Validation 기능통합 - In&Out Integration 도구 개발	- In&Out Integration Module

[부산대학교]

최종 연구목표	연구내용	최종성과물
실내공간정보 테스트베드 구축	- 테스트베드 구축 1. 테스트베드 실내공간데이터 구축 2. 테스트베드용 실내공간데이터 도구 개발 3. 테스트베드의 세부 성과물 통합	- 테스트베드 - 실내공간정보 실증서비스 2건이상
	- 실증서비스 구축 1. 다양한 실증서비스 사이트 선정 2. 실증 서비스 환경구축 및 적용	
실내공간분석과 사용자 상황추론 방법 개발	- 실내공간의 사용자 상황 추론 방법 개발 - 실내 Map Matching 방법 개발 - 실내공간 감염병 전파 모의 실험도구 개발	- 실내 단위공간 분류유형 - 실내공간내의 이동사용자 상황추론 방법론 및 도구
실내공간 분할도구 개발	- 실내 단위공간 분할 방법론 및 도구 개발	- 실내공간 유형 분류체계 - 5가지 이상의 실내 공간 유형에 대한 분할 방법론 Use-Case - 실내 단위공간 분할 도구

[서울시립대학교]

최종 연구목표	연구내용	최종성과물
IndoorGML을 연계한 화재 대피 시뮬레이션 기법	- 강화학습 기반 보행모델 개발 - 화재 대피 시뮬레이션 기법 개발 - 대피 시뮬레이션 API 개발	- 강화학습 기반 보행모델 - 열·연기 확산을 고려한 floor field model(FFM) - IndoorGML과 FDS(Fire Dynamics Simulator)를 연계한 시뮬레이션 기법 - 대피 시뮬레이션 API
실시간 재실자 분포 모니터링 기법	- 실시간 재실자 분포 모니터링을 위한 인원계수 센서 네트워크 구축 - 재실자 분포 모니터링 API 개발 - 테스트베드에서의 모의 대피훈련 수행	- 인원계수 센서 네트워크 및 실시간 재실자 분포 모니터링 DB - 실시간 모니터링 API - 모의 대피훈련 보고서

[㈜피플앤드테크놀러지]

최종 연구목표	연구내용	최종성과물
재난대응솔루션 요소기술 설계 및 개발	- 재난대응 솔루션 개발 방법론 수립 - 수요기관의 요구를 반영한 요소기술 설계 및 개발	- 재난대응 설계 산출물 - 실내공간정보 시각화를 위한 뷰어 - 실시간 인원감지 모니터링 시스템 - 화재 대피 시뮬레이션 시스템
재난대응솔루션 통합 및 멀티 플랫폼 확장	- 요소기술의 통합 및 시스템 고도화 - 테스트베드를 통한 시범운영 - 멀티플랫폼 확장	- 실내재난대응 솔루션 (모바일, 테블릿, PC 버전) - 화재 대피 시뮬레이션과 소방구조 지원 시스템의 통합 솔루션(PC버전) - 소방구조 활동 지원용 모바일 앱 솔루션

[가이아쓰리디㈜]

최종 연구목표	연구내용	최종성과물
참여형 실내공간정보 수집 및 제공 서비스 시범 구현	- 실내공간정보를 담고 있는 CityGML / IndoorGML을 이용하여 웹기반 참여형 실내공간정보 서비스 구현 가능성을 기술적 측면에서의 검증	- OpenIndoorMap 시범 서비스를 위한 웹 시스템
지속가능한 참여형 실내공간정보 구축 및 제공 서비스	- 참여형 서비스에 맞는 성능 개선, 기능 및 API 추가 구현을 통하여 시범 서비스를 지속가능한 웹 서비스 시스템으로 확장	- OpenIndoorMap 공식 웹 서비스 시스템

[㈜어빌리티시스템즈]

최종 연구목표	연구내용	최종성과물
시각장애인 용 음성기반 실내지도 서비스 테스트 베드 구축	- 시각장애인 음성기반 실내지도 서비스 기능사양 정의 - 서비스 플랫폼 및 앱 개발(테스트용) - 테스트 베드 선정 및 음성 실내지도 서비스 구축	- 음성기반 실내지도 서비스 테스트 베드 구축 및 테스트
상용 버전 시각장애인 용 음성기반 실내지도 서비스 개발	- 추가 장비 활용 실내측위 정확도 향상 - 음성 실내지도 구축 개선 및 음성 데이터 개선 - 스마트폰 서비스 App 개선	- 상용버전 서비스 플랫폼 - 서비스 장소 확대

2) 연구개발과제의 년차별 목표

[서울대학교]

구분	연구개발목표	핵심 연구개발성과 (연구개발성과물)	현재 국내・외 기술수준	연구개발 목표치	목표치 설정 근거	가중치 (%)
1년차 (2017)	사용자 참여형 실내공간정보 구축 기술 분석	사용자 참여형 실내공간정보 구축 프로세스 설계	3차원 실내공간정보 구축 및 조회 사이트 미흡	프로세스 설계서 1건	-	70
		사용자 참여형 실내공간정보 서비스 조사 및 활용기술 분석	도면벡터화를 위한 요소기술들만 존재	분석 결과서 1건	-	30
2년차 (2018)	사용자 참여형 실내공간정보 구축 기술	벡터라이징을 위한 도면 이미지 전처리 알고리즘	한글 문자에 적용가능한 텍스트 분리기법 부족	목표 노이즈 절감율 50%	다양한 형태의 도면의 적용가능성과 기존의 텍스트 분리 연구들을 비교	35
		도면 이미지 벡터화 알고리즘	문과 벽면을 구분하지 못하고 모서리 추출 실패	벽체 재현율 75%	최신의 도면 분야 연구의 검증 결과와 목표 데이터의 복잡한 정도를 고려	65
3년차 (2019)	도면의 벡터데이터 가공 및 3D 실내 공간 재현을 위한 기반 정보 구축	실내공간 재현을 위한 기하학적 특징 기반의 객체 추출 알고리즘	규모가 작은 건물도면을 대상으로 벡터화	객체 탐지율 70%	최신의 도면 분야 연구의 검증 결과와 목표 데이터의 복잡한 정도를 고려	50
		실내공간 구성 요소들의 의미 정보 추출 알고리즘	기하정보추출 연구에 집중하는 경향	공간 탐지 및 인지 정확도(recognition accuracy) 70%	기존의 의미정보추출 연구들과 비교	50
4년차 (2020)	실내공간 데이터의 3차원화를 위한 실내공간 구성요소의 형상 및 의미정보 구체화	실내공간 구성요소의 용도를 고려한 도면의 3D화	용도에 따른 3차원 높이 설정 기준 미흡	프로세스 설계서 1건	-	40
		실내공간 데이터의 3차원화를 위한 기하학적 요소 기반의 형상 및 의미정보 구체화	규모가 작고 단순한 건물도면을 대상으로 벡터화	객체 탐지율 80%	최신의 도면 분야 연구의 검증 결과와 목표 데이터의 복잡한 정도를 고려	20
		기계학습 기반 실내공간 정보 구축 및 갱신기술의 효율성 평가	기계학습 기반 자동방식과 수동방식 대한 기술가치 비교연구 미비	분석 결과서 1건	-	40
5년차 (2021)	사용자 참여형 3D 실내공간 뷰어 설계	사용자 참여형 실내공간 3D 뷰어에 필요한 요소 기술 설계	3차원 실내공간정보 구축 및 조회 사이트 미흡	요소기술 분석 및 설계 결과서 1건	-	100

[고려대학교]

구분	연구개발목표	핵심 연구개발성과 (연구개발성과물)	현재 국내・외 기술수준	연구개발 목표치	목표치 설정 근거	가중치 (%)
1년차 (2017)	이벤트 카메라 – RGB 카메라 간의 캘리브레이션 기술 개발	이벤트 카메라와 RGB 카메라 간의 캘리브레이션	국내에서는 이벤트 카메라의 캘리브레이션 기술이 전무한 수준이며, 해외에서는 소수의 선두하는 리서치 그룹이 서서히 캘리브레이션 연구를 시작한 기술 수준임.	동작 여부 (0 or 1)	실내공간 측정 시스템으로서 사용자 개발적인 기반이 부족한 이벤트 카메라를 동작시키는 것이 가장 우선 되어야할 수행 내용이기 때문임.	47
	저비용·고정밀 실내공간 취득 기초 기술 확보	이벤트 카메라의 이벤트 이미지에 대한 처리 및 에지 추출	국내에서는 이벤트 카메라의 데이터 취득 및 에지 추출 기술이 전무한 수준이며, 해외에서는 소수의 선두하는 리서치 그룹이 서서히 데이터 취득 및 에지 추출 연구를 시작한 기술 수준임.	데이터 취득 타임 딜레이 < 50msec	50msec 라는 시간은 실시간성에 준하는 이벤트 데이터 처리 시간을 의미하며, 이를 만족하는 것은 상당한 수준의 데이터 처리 기반을 갖추었다는 것이기 때문임.	53

2년차 (2018)	단순형상 에지 추출	포인트 클라우드의 각 점에 대한 에지 스코어 및 에지 추출 기술 개발	국내/국외에서 포인트 클라우드에 대한 에지를 추출하는 기술은 있으나, PCD의 측정에서 발생하는 에러를 고려하여, 에지에 해당하는 점에 대한 Weighting을 부여하는 전략은 거의 전무함.	에지 추출 여부 80%	실제로 에지에 해당되는 점에 대해서 에지로 판단하고 추출하는 신뢰도는 높을수록 좋으며, 80%는 실용적 기술의 기준으로서 합리적인 수치기 때문임.	48
	단순형상 메쉬 작성	3D 메쉬를 이용한 큐브맵 제작 기술 개발	국내외의 360 이미지 생성과정에서 발생하는 이중상 문제를 상당히 극복할 수 있는 기술 수준임.	메쉬작성 여부 80%	모든 Line이 실내공간 구축에 있어서 기하적으로 의미 있는 Line은 아니며, 그중에서 중요한 Dominant Line을 추출하여, 실내공간에 대한 mesh를 구성하였을 때, 공간의 80% 수준으로 구축하는 것은 상당히 합리적인 수치이기 때문임.	52
		PCD 및 메쉬 평면 정보를 이용한 Dominant Line Extraction 기법 개발	국내에서는 로봇이 측정한 PCD에서 메쉬 기반의 실내공간을 높은 신뢰도로 만들어 내는 기술이 거의 전무함. 국외에서는 Graph 이론을 기반으로 기술적 토대를 쌓고 있는 수준임.			
3년차 (2019)	건축부분 비정형 기하요소 구축 자동화	점군 지도에서 비정형 기하요소를 Local Planarity 기반으로 분할 및 메쉬로 변환 기술 개발	국내외로 점군 지도에서 비정형 기하요소에 대한 모델링 기술의 신뢰도는 낮은 수준임.	기하요소의 추출과 정밀도 측정	실제 실내 공간은 건축적인 요소들이 반듯한 평면과 여러 곡률의 평면으로 구성되어 있기에, 보다 사실적인 기하요소의 표현과 모델링을 표현하고 그 정밀도를 계산하기 위한임.	37
	실감 지도 자동 생성 기술과의 융합	필드 테스트를 통한 자동 생성 수행	국내외로 로봇 스캐닝에서 점군지도를 생성하고, 점군지도에서 비정형 기하요소에 대한 모델링까지 수행하는 기술은 거의 전무함.	기존 기법 대비 정밀도 측정	기존 기법 대비 정밀도가 향상하는 것은 실감 지도 기술과의 융합에 개선이 있다는 것이며, 더욱 정교한 공간 정보 구축이 가능하기 때문임.	63
4년차 (2020)	데이터 취득자 이동 노이즈를 포함한 센서 데이터 기반 실감지도 자동 작성 기술 개발	노이즈 강인한 실감지도 정보 구축 기술	국내외로 공간 측정에 대한 노이즈를 감소시키는 기술이 존재하나 노이즈에 강인성이 뛰어나지 않은 수준임.	노이즈 감소 20%	데이터 취득자 이동 노이즈가 개발 기술로 인해 감소될 수 잇다면, 실내공간정보 구축의 정밀함이 더욱 증대될 수 있기 때문임.	100
5년차 (2021)	실내공간정보 부분 갱신을 위한 고속 데이터 취득 및 자동 업데이트	백팩 센서 데이터 활용한 취득 및 갱신 기술	국내외로 공간 측정과 갱신에 대한 기술의 신뢰도가 높지 않고, 부족한 수준임.	정합도 오차 30cm 이하	부분 갱신에 대한 평가를 위해서 절대값을 기준으로 얼마나 차이나는지 보는 것이 합리적이기 때문임.	100

[㈜신한항업]

구분	연구개발목표	핵심 연구개발성과 (연구개발성과물)	현재 국내・외 기술수준	연구개발 목표치	목표치 설정 근거	가중치 (%)
1년차 (2017)	사용자 참여형 실내공간정보 구축 기술 확보	보고서 1건	-	100%	사용자참여기반 기술조사	100%
2년차 (2018)	도면 이미지 벡터라이징 기술 개발	이미지기반 벡터라이징 전처리(SW)	이미지기반 선을 추출하는 알고리즘은 존재하는 기술 임	100%	기능 정확성 (이미지전처리,벡터라이징)	50%
		ML기반 벡터라이징(SW)	ML을 활용하여 이미지에서 벡터 요소를 추출하는 기능은 현재 연구가 지속적으로 진행 중임	100%	기능 정확성 (ML전처리,벡터라이징)	50%
3년차 (2019)	JOSM 오픈소스를 이용한 실내공간 재현을 위한 기술 개발	JOSM Plugin(SW)	JOSM을 활용한 Plugin 요소로 도면이미지에서 벡터라이징을 하여 JOSM에 표현하는 소프트웨어는 존재하지 않지만 JOSM을 활용한 여러 Plugin 소프트웨어들이 존재함	80%	기능 정확성 (도면정재, 벡터라이징, 벽체,바닥,출입문,창문 그리기, 위상정보 부여 및 표시, 메타정보 부여 및 표시)	80%
		외부기관 인증 1건	-	-	인증 등록	20%
4년차 (2020)	JOSM 오픈소스를 이용한 3D 뷰어 개발	JOSM Plugin(SW)	JOSM을 활용한 Plugin 요소로 도면이미지에서 벡터라이징을 하여 JOSM에 표현하는 소프트웨어는 존재하지 않지만 JOSM을 활용한 여러 Plugin 소프트웨어들이 존재함	90%	기능 정확성 (층간 간격, 여러층의 표현, 벽체,바닥,출입문,창문 그리기,시작위치, 종료위치, 두께)	40%
		3D Viewer(SW)	-	70%	기능 정확성 (3D 뷰어구현)	40%
		외부기관 인증 1건	-	-	인증 등록	20%
5년차 (2021)	OLU(OpenLevelUp) 환경의 3D 실내공간 뷰어 플러그인 개발	JOSM Plugin(SW)	JOSM을 활용한 Plugin 요소로 도면이미지에서 벡터라이징을 하여 JOSM에 표현하는 소프트웨어는 존재하지 않지만 JOSM을 활용한 여러 Plugin 소프트웨어들이 존재함	100%	기능 정확성 (변환율)	40%
		3D Viewer(SW)	-	100%	기능 정확성 (3D 모델정보표시)	40%
		외부기관 인증 1건	-	-	인증등록	20%

[㈜티랩스]

구분	연구개발목표	핵심 연구개발성과 (연구개발성과물)	현재 국내・외 기술수준	연구개발 목표치	목표치 설정 근거	가중치 (%)
1년차 (2017)	이벤트 카메라 운영지원	이벤트 카메라 동작 지원	-	동작 여부 (0 or 1)	-	50
		이벤트 카메라 실시간성 검증	-	데이터 취득 타임 딜레이 < 50msec	-	50
2년차 (2018)	정형 형상 정보 구축 자동화 지원	단순형상 에지추출 지원	-	에지 추출 여부 80%	-	50
		단순형상 메쉬작성 지원	-	메쉬작성 여부 80%	-	50
3년차 (2019)	상용화를 위한 데이터 구축	안정적 상용화를 위한 Pilot용 테스트 데이터 구축	국내・외 비슷한 시기에 실내공간 정보의 구축 및 서비스를 시작하였으나 아직은 제한된 시설에 대해서만 실내공간정보가 제공되고 있음.	점군지도 및 영상포함지도의 획득 여부 100%	기술의 성능 검증이 아닌 상용화 가치가 있는 건축·구조물에 대한 데이터를 획득 함으로써 상용 데이터 구축 접근 시도	100
4년차 (2020)	융합센서 시스템 시작품	백팽형 통합시스템 제작	국외에서는 일부 기업들이 백팩 형태의 스캐너 시스템을 사용하고 있음.	실시간 구동 여부 동작	융합시스템의 안정적 데이터 취득 및 지도작성 여부	50
		통합시스템 연동 동작 모듈	기존 실내공간정보 구축 방식은 측량에 많은 시간이 소요되며, 수동 데이터 후처리를 크게 요구함.	데이터 취득부터 지도작성까지의 연동여부 90%		50
5년차 (2021)	상용화 제품	저가 센서를 활용한 상용화 백팩시스템	국내・외 관련 시스템에는 현재 고가의 LiDAR를 주로 사용하고 있음.	H/W 안정동작 80%	상용화 솔루션 연동 여부 및 실제 서비스 창출 여부	50
		상용화 지도작성 서버	국내・외로 colored point cloud가 아닌 실감 지도 작성 서비스는 희소함.	서버 안정동작 95%		50

[한양대학교]

구분	연구개발목표	핵심 연구개발성과 (연구개발성과물)	현재 국내・외 기술수준	연구개발 목표치	목표치 설정 근거	가중치 (%)
1년차 (2017)						
2년차 (2018)	정밀 공간 스캔을 위한 외란 감쇠	고주파 및 충격 입력 감쇠를 위한 스프링 흡진 시스템 개발	비교 대상 없음	고주파 감쇠 가능	자체 기준	10
		저주파 외란 보상을 위한 능동 자세 유지 메커니즘	10kg 이하 센서용	12kg 센서 제어 가능	기성품비교	10
3년차 (2019)	정밀 공간 스캔을 위한 착용형 시스템	정밀 스캔을 위한 착용형 장치	배낭형의 시작품 수준. 국내없음	배낭형 시작품 자체 개발		20
4년차 (2020)	고화질 공간 스캔을 위한 센서 시스템 설계	착용형 고화질 공간 스캔 센서 시스템 설계	머신비전용 저화질 카메라 사용	인물/풍경용 고화질 카메라를 이용	기성품비교	25
5년차 (2021)	착용형 공간 스캔 시스템의 최적화	핸드헬드형 공간 스캔 센서 시스템 개발	32 LiDAR+4M CAM	32 LiDAR + 15M CAM	기성품비교	35

[한국건설기술연구원]

구분	연구개발목표	핵심 연구개발성과 (연구개발성과물)	현재 국내·외 기술수준	연구개발 목표치	목표치 설정 근거	가중치 (%)
1년차 (2017)	BIM/CAD 데이터 변환 방법론 탐색	기술동향분석보고서 및 개발프로세스 수립(안)	국내 변환기술 없음 (해외기술 일부)	100%	분석결과 및 설계안의 타당성	100
2년차 (2018)	BIM/CAD (반)자동변환 알고리즘 개발	CAD자료 변환 시작품	전처리자동화사례 없음	100%	자동화 타당성	50
		IndoorGML Validator 설계	표준 검증도구 없음	100%	검증도구설계의 타당성	50
3년차 (2019)	BIM/CAD 변환 프로토타입 개발(1)	CAD/BIM2CityGML 시작품	플러그인형태 최초	100%	변환결과 표준적합도	100
		IndoorGML Validator 개발	검증도구 최초	100%	검증도구 GitHub공개	
4년차 (2020)	BIM/CAD 변환 프로토타입 개발(2)	AutoCAD2IndoorGML SW	플러그인형태 최초	100%	외부공인인증	100
		Revit2IndoorMGL SW	플러그인형태 최초	100%	외부공인인증	
5년차 (2021)	BIM/CAD기반 저작도구 실증 및 개선	AutoCAD2IndoorGML SW 개선	플러그인형태 최초	100% 예정	외부공인인증 (예정)	100
		Revit2IndoorMGL SW 개선	플러그인형태 최초	100% 예정	외부공인인증 (예정)	

[서울시립대학교]

구분	연구개발목표	핵심 연구개발성과 (연구개발성과물)	현재 국내·외 기술수준	연구개발 목표치	목표치 설정 근거	가중치 (%)
1년차 (2017)	실내공간정보 표준화 방안 수립	실내공간정보 표준 분석 보고서	IndoorGML 표준 개선 진행중(국내주도)	100%	기존 국제 표준 분석 수준	100
2년차 (2018)	표준화 및 실내외 연계 요소기술 정의	실내공간정보 표준 개선	국제표준 개선안	100%	개선안 타당성	50
		IndoorGML Anchor Node 확장	실내외연계 최초제안	100%	확장모델 적정성	50
3년차 (2019)	표준화 및 실내외 연계 표준(안) 개발	실내데이터모델 TTA제안	국내표준 최초제안	100%	국내표준 제안여부	100
		IndoorPOI 확장모듈 개발	국제표준기반 최초	100%	국제표준개정 제안	
4년차 (2020)	데이터모델 및 인터페이스 표준 개선	IndoorFeature 모델개발	IndoorGML 분야 최초	100%	데이터모델 타당성	100
		IndoorPOI 기고서 채택	POI Extention 최초	100%	OGC기고서 채택야부	
5년차 (2021)	국내외 표준 제개정 및 연계기술 보완	실내객체모델 국내표준 채택	국내표준 최초	100% 예정	TTA 표준제정여부	100
		TransitionalSpace 실내외연계기술	최초 제안	100% 예정	SCI(E) 게재	

[㈜울포랜드]

구분	연구개발목표	핵심 연구개발성과 (연구개발성과물)	현재 국내·외 기술수준	연구개발 목표치	목표치 설정 근거	가중치 (%)
1년차 (2017)	실내공간정보 관리 지능화 요소 정의	지능화요소정의(경량화, LoD자동화, 포맷변환)	실내공간정보 대상 관리엔진 없음	100%	지능화기술정의의 적정성	100
2년차 (2018)	실내공간정보 관리지능화 요소기술 개발	관리지능화요소기술개발	SW엔진기반 연구없음	100%	요소기술 구현수준	100
		클라우드 운용환경 설계	실내공간정보 사례 없음	100%	설계안의 타당성	100
3년차 (2019)	실내공간정보 관리지능화 요소기술 개선	관리지능화기술 개선(1)	엔진기반 연구없음	100%	주요기술 모듈화수준	100
		IFC2IndoorGML 변환모듈	IndoorGML변환최초	100%	IndoorGML 변환결과	
4년차 (2020)	클라우드기반 실내공간정보 관리기술 개발	관리지능화기술 개선(2)	모듈별 성능 개선	100%	외부공인인증	100
		클라우드기반 PaaS 시작품	유사사례 없음	100%	외부공인인증	
5년차 (2021)	실내공간정보 관리엔진 실증 및 개선	관리지능화기술 엔진통합 및 클라우드 서비스 실증	PaaS형 실내공간정보서비스는 최초	100% 예정	서울시 S-Map 적용 외부공인인증	100

[㈜유엔이]

구분	연구개발목표	핵심 연구개발성과 (연구개발성과물)	현재 국내·외 기술수준	연구개발 목표치	목표치 설정 근거	가중치 (%)
1년차 (2017)	이종데이터 연계 기초조사 및 계획 수립	이종데이터 구조분석 및 통합구조 설계(안)	국내 변환기술 없음 (해외기술 일부)	100%	연계방안 및 개발계획의 적절성	100
2년차 (2018)	이종데이터 Parser 개발	IndoorGML 가시화모듈	InViewer 유일	100%	IndooGML 가시화수준	50
		IndoorGML 객체편집모듈	InEditor 유일	100%	IndooGML 편집수준	50
3년차 (2019)	IndoorGML 편집 및 변환 기능 개발	XML2IdoorGML변환기술	IndoorGML변환최초	100%	IndoorGML 변환결과	100
		검증도구 통합 개발	검증도구통합최초	100%	통합모듈 시연결과	
4년차 (2020)	IndoorGML 편집도구개선 및 검증기능 개발	SketchUp기반 IndoorGML 통합모델링 기술	스케치업기반 CityGML모델러만 존재	100%	외부공인인증	100
5년차 (2021)	통합편집도구 테스트베트적용 및 실증	SketchUp기반 IndoorGML 통합모델링 SW 실증	스케치업기반 CityGML모델러만 존재	100% 예정	서울시 실내사업지원 외부공인인증	100

[부산대학교]

구분	연구개발목표	핵심 연구개발성과 (연구개발성과물)	현재 국내・외 기술수준	연구개발 목표치	목표치 설정 근거	가중치 (%)
1년차 (2017)	전체 시스템 구조 설계	전체 시스템 구조 설계서	개별 응용분야 별 독립적 기술 수준. 통합적 설계기술 없음	전체 시스템 구조 및 인터페이스 정의	실내공간 정보의 Lifecycle을 기반한 기술적 eco-system	5
	테스트/실증 설계	테스트/실증 설계서	개별 연구/사업 별 테스트 수준	실내공간정보의 전체 Lifecycle을 포함하는 테스트 베드	본 연구의 목표가 실내공간정보의 eco-system 구축	5
	실내 단위공간 유형의 분류체계 및 사용자 상황 시나리오 정의	실내 단위 공간 유형의 분류체계 및 사용자 상황 시나리오 정의 보고서	실내의 사용자에 대한 상황인지에 대한 부분적 연구결과 존재	실내의 특징을 반영한 실내 사용자의 상황인지 방법 개발	현실적 실내 사용자 상황인지 모델	3
2년차 (2018)	전체 시스템의 인터페이스 설계 및 각 요소의 기능 정의	전체 시스템의 인터페이스 설계 및 각 요소의 기능 정의서	단위 서비스나 시스템별 실내공간정보 활용 시스템 수준	각 구성 요소의 정의 및 구성 요소 사이 인터페이스 정의	시스템 통합을 위한 구체적 설계	3
	테스트베드의 데이터 구축 및 테스트베드의 최소 시스템 인프라 구축	미국 NIST-OGC 시범사업 및 서울시청역 1호선 및 시민청 지하 1, 2층 IndoorGML 데이터 구축	단위 기술과 특정 응용만을 위한 테스트베드만 존재	개별 구성요소간 적절한 동작. 구성요소와의 인터페이스	각 세부 연구 성과물의 통합을 위한 환경 설정	5
		IndoorGML 관련 SW 개발 (InEditor,InFactory,InViewer)	IndoorGML을 지원하는 오픈소스 S/W 미비	IndoorGML의 구축 및 테스트, 가시화 확인 도구	테스트 베드의 작업을 요구되는 S/W 도구	10
	스마트폰의 센서와 실내공간 종류를 이용한 사용자 상황추론방법	Tensorflow 활용 사용자 상황추론 프로그램 개발 (사용자 행동 추출, 상황 추출)	실내의 사용자에 대한 상황인지에 대한 부분적 연구결과 존재	스마트폰 환경과 AI 기술을 활용한 실내 사용자의 상황인지 방법 개발	스마트폰 환경의 실용성 및 연구결과의 중요도	3
3년차 (2019)	1단계를 위한 1,2 세부 결과물 연계	Point Cloud to IndoorGML 생성 도구 설계(TICA)	AI를 활용한 자동 전환율 저조, 수동편집을 지원하는 3차원 도구 부재	삼각형 메쉬를 Solid 모델로 자동 전환하며, 오류 결과의 수동 편집 기능 설계	자동 추출의 한계를 고려하여 수동 편집이 필요	3
		IndoorGML 관련 SW 기능 확장 (POI,Texture, Public Safety)	IndoorGML 확장 초기적 상태	가장 기본적 확장을 위한 모델 및 S/W	가시화 및 실내 재난을 위한 기초적 확장 지원	3
	테스트베드 환경 구축 및 실증업무를 위한 시스템/서비스 구축	테스트베드 환경 구축을 위한 IndoorGML 데이터 생성(UN 본부, 서울시립대 21세기관)	IndoorGML의 데이터가 제한적으로만 존재	대표적 공간에 대한 실내공간 데이터 구축	대표성있는 데이터 생성을 통하여 테스트 베드 환경	5
	실내공간분석 방법론 개발 - 실내공간 분할 방법 개발	실내공간의 일반적 분할 기법 고안(경로탐색을 위한 메쉬그리드, 비컨배치, CCTV)	실내공간 분할 방법의 개념적 연구 수준	상황에 대한 Parametric 모델을 통한 일반적 방법론	실내공간 분할을 위한 일반적 Framework 개발	5

4년차 (2020)	2단계를 위한 1, 2세부 결과물 연계	Point Cloud to IndoorGML 생성 도구 (TICA) 개발	현재까지 AI를 활용한 자동 전환율 저조, 수동편집을 지원하는 3차원 도구 부재	삼각형 메쉬를 Solid 모델로 자동 전환하며, 오류 결과의 수동편집 기능 개발 (3차 년도에 설계된 기능 개발)	자동 추출의 한계를 고려하여 수동편집이 필요 (NIST-OGC Pilot Project에 적용)	10
	테스트베드 및 실증 구축 총괄	음성지도서비스의 UN 실증 적용	시각장애인을 위한 음성지도 서비스는 실험적 수준으로 존재	실내음성길안내 서비스 UN 적용	국제적 지명도가 있는 장소에 적용 (UN OICT와 공동으로 작업)	10
		대형 컨벤션의 실내위치기반 행사안내서비스(i Congress) 설계	실내 위치기반 행사안내서비스 부재	컨벤션 센터 대상의 실내위치 기반 행사안내 서비스 개발	대표적 Indoor LBS 응용서비스	5
	실내공간분석 방법론 개발	실내 Map Matching 개발	실내공간의 Room Level Map Matching 방법은 부재	Hidden Markov Model을 이용한 Room Level의 Map Matching 개발	Room Level의 실내측위를 위한 핵심 기술	5
5년차 (2021)	4차년도의 1, 2세부 결과물과 3세부 결과물 연계	IndoorGML 1.1 지원을 위한 SW(InEditor,InFactory,InViewer) 기능 확장	IndoorGML 1.1을 위한 도구는 부재	최근 발표된 IndoorGML 1.1을 위하여 1.0 지원 도구의 Upgrade	IndoorGML 1.1 지원 환경 개발	8
	실증/테스트베드 구축 총괄	음성지도서비스의 UN 실증 적용	시각장애인을 위한 음성지도 서비스는 실험적 수준으로 존재	실내음성길안내 서비스 UN 적용 개선	국제적 지명도가 있는 장소에 적용	2
		동대구역 (국토지리정보원 사업 적용) 및 대구대 음성지도 서비스 적용	국내 공공장소에 대한 본격적 실내공간정보 활용 부재	동대구역과 대구대학교 에 대한 음성기반 실내길 안내	시각장애인을 위한 길안내 서비스 적용 확대 (국토지리정보원 사업에 본 연구단 성과물 적용)	4
		국토지리정보원 및 서울시 S-Map 사업 지원	기존 실내공간데이터는 자체포맷으로 존재	기존 데이터를 실내공간표준인 IndoorGML 로 변환	국내 중요 실내공간데이터 수요기관 (서울시 및 국토지리정보원에 본 연구단 성과물 적용)	4
	실내공간분석 방법론 개발	InCovid의 기능 개선	COVID-19 감염자 추적 서비스는 존재. 실내 모의 실험 도구 부재	실내 구조와 이동상황을 COVID-19 감염 전파 분석 모델 개발	대표적 실내공간 분석 방법	2

[서울시립대학교]

구분	연구개발목표	핵심 연구개발성과 (연구개발성과물)	현재 국내·외 기술수준	연구개발 목표치	목표치 설정 근거	가중치 (%)
1년차 (2017)	대피 및 화재 모델 분석	오픈소스 시뮬레이터 및 화재 대피 연계 모델 분석 보고서	SW 상용화	오픈소스 활용 방법론 개발	표준 모델을 적용하여, 향후 성과물 활용성 극대화	5
2년차 (2018)	강화학습 기반 대피 모델 개발	강화학습 기반 대피 모델	관련 연구 실적 미흡	프로토타입	초기 연구 단계	5
	열·연기 확산을 고려한 대피 시뮬레이션 기법 개발	화재 대피 시뮬레이션 모델	SW 상용화	시뮬레이터 개발	이후 연구성과물 도출을 위해 활용	10
3년차 (2019)	IndoorGML을 활용한 대피 시뮬레이션 기법 개발	IndoorGML과 FDS를 연계한 화재 대피 시뮬레이션 모델	캐드 등 로컬 좌표계 기반 데이터 활용	표준 데이터 모델 적용	SW별로 자체 데이터 포맷 요구	15
	실시간 재실자 분포 모니터링 기법 개발	실시간 재실자 분포 모니터링 서버	SW 상용화	세부 공간 단위 인원계수	세부 공간 단위의 모니터링이 수행되지 않음	15
4년차 (2020)	OGC 표준 기반 재난대응 서버 구축	MovingFeatures 기반 대피 시뮬레이션 API	Stand-alone 형태의 SW	상용화 수준	Client-Server 구조의 성과물 도출	15
		실시간 재실자 분포 연계를 위한 SensorThings API	Stand-alone 형태의 SW	상용화 수준	실시간 재난대응 활용	15
5년차 (2021)	테스트베드 실증을 통한 재난대응 서버 고도화	실시간 재실자 분포 기반 화재 대피 시뮬레이션 기술	상용 SW가 존재하지 않음	상용화 수준	상용 기술은 화재 모델과 대피 모델의 통합 및 실시간 활용에 한계가 있음	20

[가이아쓰리디]

구분	연구개발목표	핵심 연구개발성과 (연구개발성과물)	현재 국내·외 기술수준	연구개발 목표치	목표치 설정 근거	가중치 (%)
1년차 (2017)	OpenIndoorMap시스템 구조 설계	OpenStreetMap의 시스템 운영 현황 조사	OSM, Mapillary 등 다양한 사용자 참여형 서비스 등장	분석 보고서 1건	사용자 참여형 지도 서비스에 대한 분석 필요	
		OpenStreetMap의 시스템 구조 및 기능적 설계	OMS에 관한 시스템 설계서가 산재 상태	설계서 1건	OSM에 대한 설계서를 참조하여 OpenIndoorMap에 반영	
2년차 (2018)	OpenIndoorMap 서버 개발 및 시범 구축	OIM(OpenIndoorMap) 서버의 구축(시스템)	Cesium Ion 등의 3D GIS 서버 존재	시스템 통합성 80점이상	3D가시화, 통계, 데이터 관리 등 많은 서비스 기초 기술 확보를 위한 목표치	
		CityGML, IndoorGML -> F4D 변환기능 개발(SW)	CityGML, IndoorGML 등의 3D Tiles 변환을 지원하는 데스크탑 SW 존재	기능 정확성 (CityGML->F4D) 기능 정확성 (IndoorGML->F4D 80%이상	웹 기반의 파일 포맷 서비스를 위한 원본 파일과 서비스 파일의 변환 오류율 점검	
		클라이언트 가시화 기능	Cesium, iTowns 등이 3D 웹 서비스	기능 정확성 (객체정보표시)80% 이상 기능 정확성 (선택/이동)80%이상	실내공간 데이터 웹 표출 정확성 점검	
		IndoorGML의 Network Path를 이용한 Browsing 지원도구 개발 (SW)	IndoorGML의 Network-Node 정보를 활용한 제한적 서비스	기능 정확성 (Network Path 추출)80%이상 기능 정확성 (Browsing)80% 이상	IndoorGML의 Network-Node 정보를 활용한 네비게이션을 위한 기반 기술 확보	
		OIM 시범 서비스 시작: 시범 실내공간지도를 확보(Prototype)	전 세계적으로 IndoorGML 파일이 많지 않음	테스트 베드 (데이터 연계성) 80점이상	IndoorGML 웹 서비스 시 기존 원본 파일과 정보 연계 점검	
3년차 (2019)	OpenIndoorMap 서비스 공개	타 세부 생성 자료 기반 서비스 시작(시스템)	CityGML, IndoorGML, IFC, LAS 데이터 포맷 동시 서비스 사례 없음.	시스템 통합성80점이상	1,2세부에서 생산된 데이터를 실제 서비스하여 본 서비스 활용성 점검	
		실증 사이트를 중심으로 서비스 지역 확대(시스템)	실내공간 데이터와 IoT 데이서 연계 서비스 사례 많지 않음	시스템 연계성80점 이상	실내공간 데이터 가시화와 OGC SensorThings API의 실제 연결 근간 기술 확보 점검	

4년차 (2020)	OpenIndoorMap 서버의 개선 및 Open API 서비스 탑재	OpenIndoorMap 서비스 개선		시스템 안정성 80점 이상	과년도 성과와 서비스 개선 목적	
		OpenIndoorMap Open API 탑제	Cesium, V-World 등에서 OpenAPI 제공	연계기술의 완벽성80점 이상	실내공간 데이터를 위한 API 정상 작동 여부 점검	
5년차 (2021)	OpenIndoorMap의 지속적 서비스를 위한 기반구축	서비스 통계 기능 추가(시스템)	다양한 클라우드 서비스에서 서비스 통계 기능 제공	기능의 정확성 80점 이상	동적으로 갱신되는 통계 정보에서 스냅샷 정보 추출하고 이의 정확도 점검	
		지속적 운영을 위한 시스템 설계/운영 등의 정보를 포함한 제품화(운영자/개발자 매뉴얼)	다양한 클라우드 서비스에서 웹을 통해 사용법 제공	서비스의 만족도 80점이상	복합판매 등을 고려하여 운영자 매뉴얼, 사용자 매뉴얼 등의 충실성 점검	

[㈜마늘랩]

구분	연구개발목표	핵심 연구개발성과 (연구개발성과물)	현재 국내・외 기술수준	연구개발 목표치	목표치 설정 근거	가중치 (%)
1년차 (2017)	재난대응 요소기술 및 시스템 설계	수요기관 요구사항 분석 및 개발 방법론, 시스템 설계서	SW 상용화	시스템 설계서	실내 재난대응솔루션에 대한 분석 필요	
2년차 (2018)	재난대응 맞춤형 편집도구 개발	소방설비 등 실내공간 데이터 및 속성 편집도구 개발	국제 표준인 IndoorGML 데이터를 활용한 소방설비 편집도구 부재	데이터 편집 기능의 재난대응 실용성	소방도구 데이터 편집 기능 필요	
	실내공간 시각화 및 대피시뮬레이션을 위한 뷰어 개발	실내공간정보 Viewer 개발 및 Viewer 내에 인원감지 연계 기능 개발	IndoorGML 데이터를 활용한 소방설비 Viewer 부재	Viewer의 무오류성 및 실효성	Viewer의 필요	
3년차 (2019)	인원감지 모니터링 및 재난 대피 데이터 모델을 이용한 화재대피 시뮬레이션 시스템 개발	화재대피 시뮬레이터 및 센서와 연계한 인원감지 모니터링 기능 개발	통합 시스템은 상용 SW 존재하지않음	시뮬레이션 안정성 및 모니터링 정확성	안정성과 정확성에 따라 구조대원의 구조율	

[㈜피플앤드테크놀러지]

구분	연구개발목표	핵심 연구개발성과 (연구개발성과물)	현재 국내・외 기술수준	연구개발 목표치	목표치 설정 근거	가중치 (%)
4년차 (2020)	재난대응 솔루션 고도화 및 멀티플랫폼 확장	센서 네트워크 연동을 통해 구역별 인원계수 및 모니터링 개발	Stand-alone 형태의 SW	상용화 수준	Client-Server 구조의 성과물 도출	
		열연기 확산 및 대피 시뮬레이션 개발	Stand-alone 형태의 SW	상용화 수준	결과물을 상용화가 목적	
		모바일 기기를 통한 멀티플랫폼 확장 개발	Stand-alone 형태의 SW	상용화 수준	결과물을 상용화가 목적	
5년차 (2021)	테스트베드 실증 실험 결과를 반영한 요소기술 개선 및 구조활동 지원 모바일 솔루션 고도화	화재시뮬레이션 목록화 및 설정 기능 개발	Stand-alone 형태의 SW	상용화 수준	결과물을 상용화가 목적	
		편의성 개선을 위한 UI 수정	Stand-alone 형태의 SW	상용화 수준	결과물을 상용화가 목적	
		건물안전관리자 및 소방대원을 타겟으로 사업화 검토		상용화 수준	결과물을 상용화가 목적	

[코디스페이스㈜]

구분	연구개발목표	핵심 연구개발성과 (연구개발성과물)	현재 국내・외 기술수준	연구개발 목표치	목표치 설정 근거	가중치 (%)
1년차 (2017)	시각장애인 음성기반 실내지도 서비스 요구사항 분석 및 기능사양 정의	시각 장애인 요구사항 분석	국내 유사 서버스 없음	90% 이상	시각장애인에게 공간정보를 음성 안내를 위한 서비스 구현(자체보고서)	7
		IndoorGML과 연동 기능 분석		90% 이상		6
		서비스 기능 정의서 작성		서비스 기능 정의서 1건		7
2년차 (2018)	시각장애인 음성기반 실내지도 서비스 시제품 개발	서비스 설계의 적절성	국내 유사 서버스 없음	80%	시각장애인에게 공간정보를 음성 안내를 위한 서비스 구현(자체 테스트)	6
		구축도구 기능 구현의 완전성		80%		7
		서비스 앱 기능 구현의 완전성		80%		7
3년차 (2019)	시각장애인 음성기반 실내지도 서비스 시범 서비스 개발 및 테스트 베드 적용	보완명세서 적절성	국내 유사 서버스 없음	80%	시각장애인에게 공간정보를 음성 안내를 위한 서비스 구현(TTA 시험)	4.7
		음성 안내 위치정확도 : 5M 이내(90%)		90%		3.1
		서비스 기능 구현 완전성		80%		6.1
		테스트베드 협약, 실내 지도 구축의 적절성		100%		6.1

[㈜어빌리티시스템즈]

구분	연구개발목표	핵심 연구개발성과 (연구개발성과물)	현재 국내・외 기술수준	연구개발 목표치	목표치 설정 근거	가중치 (%)
4년차 (2020)	시각장애인 음성기반 실내지도 서비스 실제 테스트베드 사이트에 서비스 적용	음성 안내(측위) 정확도 5m 이하 90%	5~20m	80%	시각장애인 안내를 위한 정확도 구현 (자체 테스트)	5.7
		실내 측위 구축 도구 기능 구현의 완전성	국내 유사 도구 없음	80% (기능 테스트)		3.8
		음성 안내 완전성	국내 유사 서버스 앱 없음	80% (기능 테스트)	시각장애인에게 공간정보를 음성 안내를 위한 서비스 구현(자체 테스트)	3
		음성 UI/UX 기능의 완전성		80% (기능 테스트)		4.7
		테스트베드에 서비스 기능의 완전성		100% (시나리오 테스트)	시각장애인 협업으로 기능 개선 (자체 테스트)	2.8
5년차 (2021)	시각장애인 음성기반 실내지도 서비스 상용화 버전 개발 및 서비스 장소 확대	플랫폼 서버 기능 구현의 완전성	국내 유사 서버스 없음	100% (기능 테스트)	공인인증기관(TTA)로부터 기능의 완전성 검증	5.2
		음성지도 앱 기능 구현의 완전성		100% (가능 테스트)		4.1
		AWS에 서비스 플랫폼 OPEN		100%		3.5
		서비스 확대		1 장소 이상 (보고서 1건)	계약서로 상용화 검증	7.2

2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

1) 연구개발 추진전략 • 방법

가. 총괄 연구개발 추진전략 및 방법

□ 전략 1- 2단계 추진전략: 3 세부과제의 중요한 입력은 1세부과제의 성과물임. 이는 적어도 3차년도 이후에 가시적인 성과가 나올 것이므로 1~3차년도는 1세부의 성과물이 없이 연구를 수행하여야 함.

□ 따라서 이를 반영하여 아래의 그림과 같이 2단계로 나누어 과제를 추진. 본 연구는 5차년도가 되기 전에도 성과가 도출될 수 있도록 크게 두 단계로 나누어서 아래와 같이 수행됨

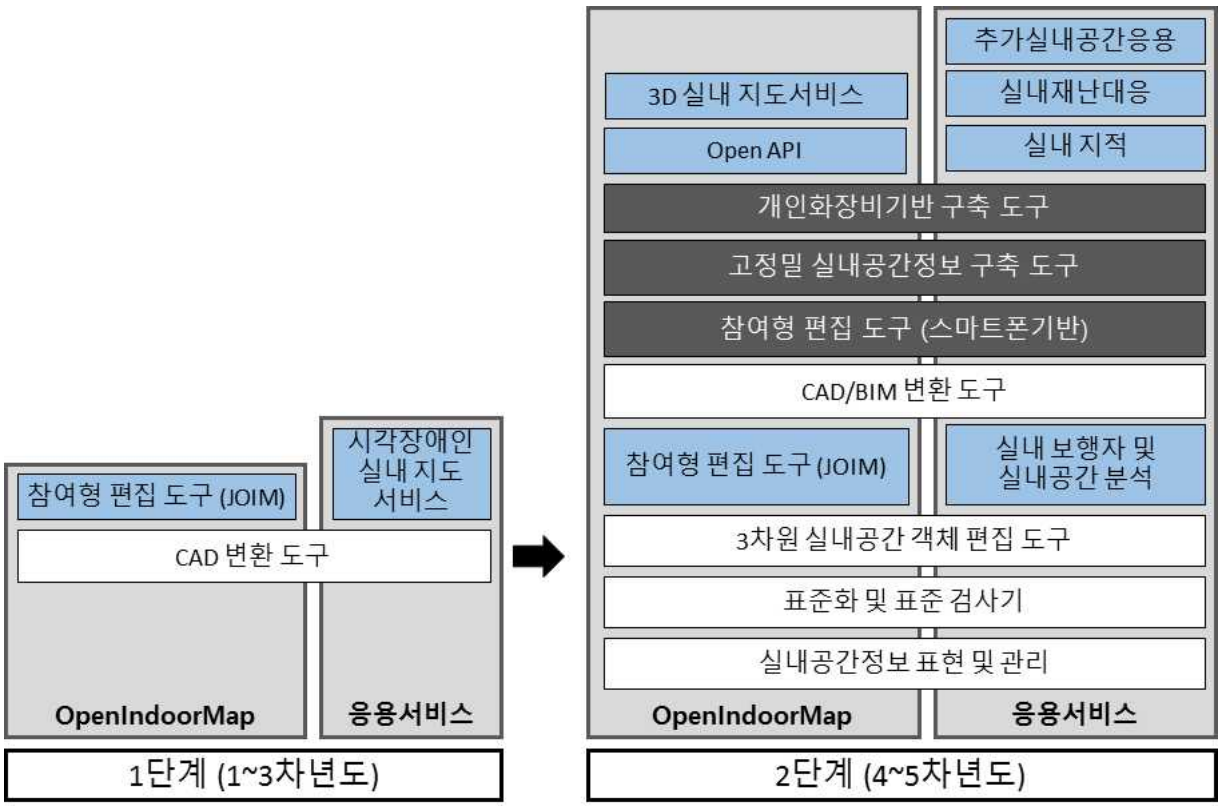


그림. 2단계 추진 전략
(위의 그림에서 검은 색으로 표시된 것은 1세부의 성과물이며,
하얀색은 2세부, 그리고 회색 및 하늘 색은 각각 3세부의 성과물)

□ 전략 2 - Google Indoor Map에 대항하는 참여/공개 OpenIndoorMap 서비스: 참여/공개형 지도서비스인 OpenStreetMap의 전략을 활용하여 OpenIndoorMap 서비스를 세계적으로 제공

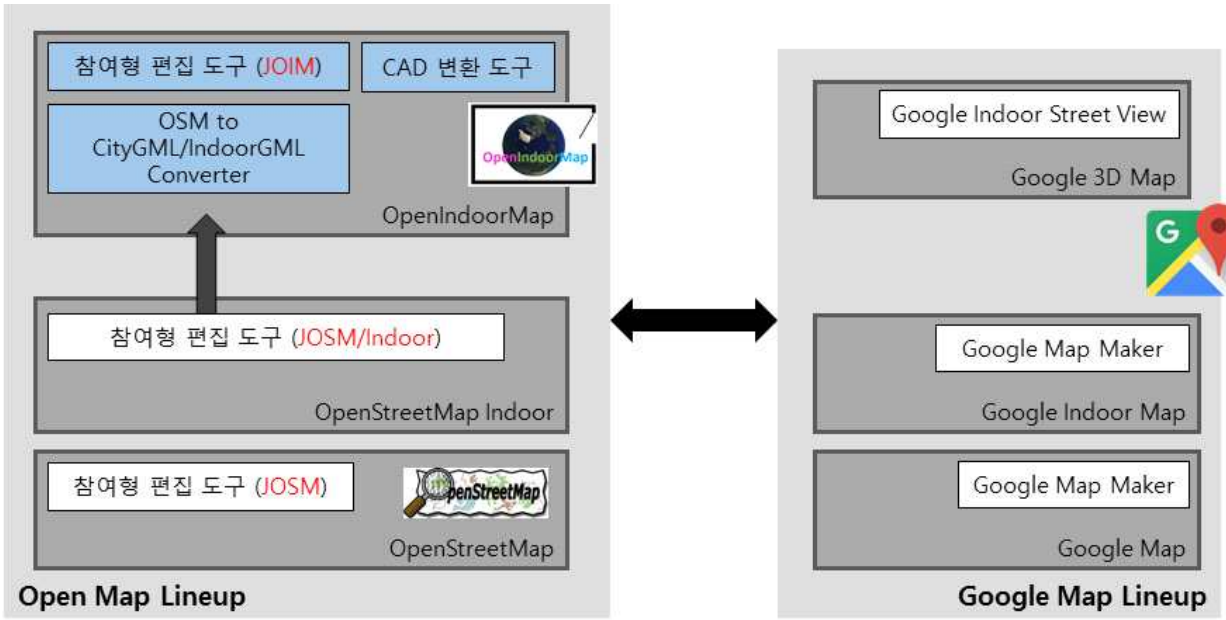


그림. Google Indoor Map에 대항하는 참여형 서비스

□ 전략 3 – 해외 실증도시를 통한 세계화: 국내뿐아니라 해외의 실증사이트를 정하여 개발되는 결과물을 해외에 적용. 대상이 되는 사이트는 아래의 그림과 같이, 서울, 미국을 선정하여 추진하고 있음.

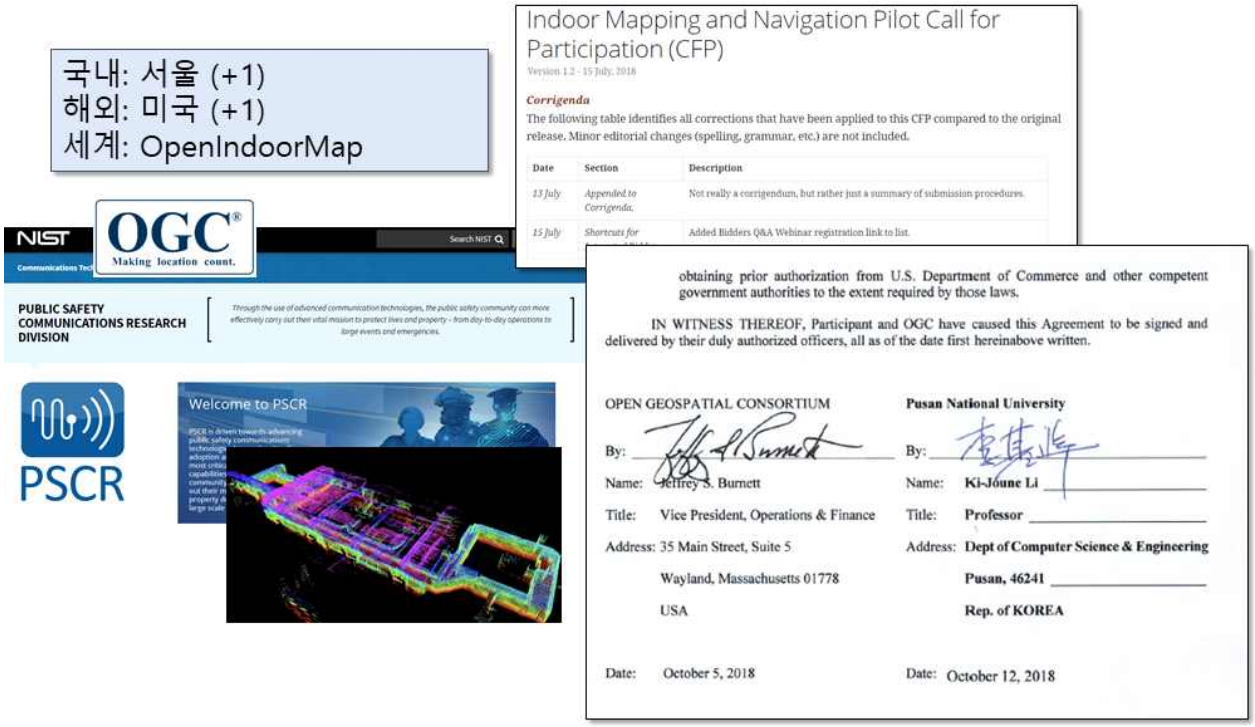


그림. 실증사이트 적용 도시

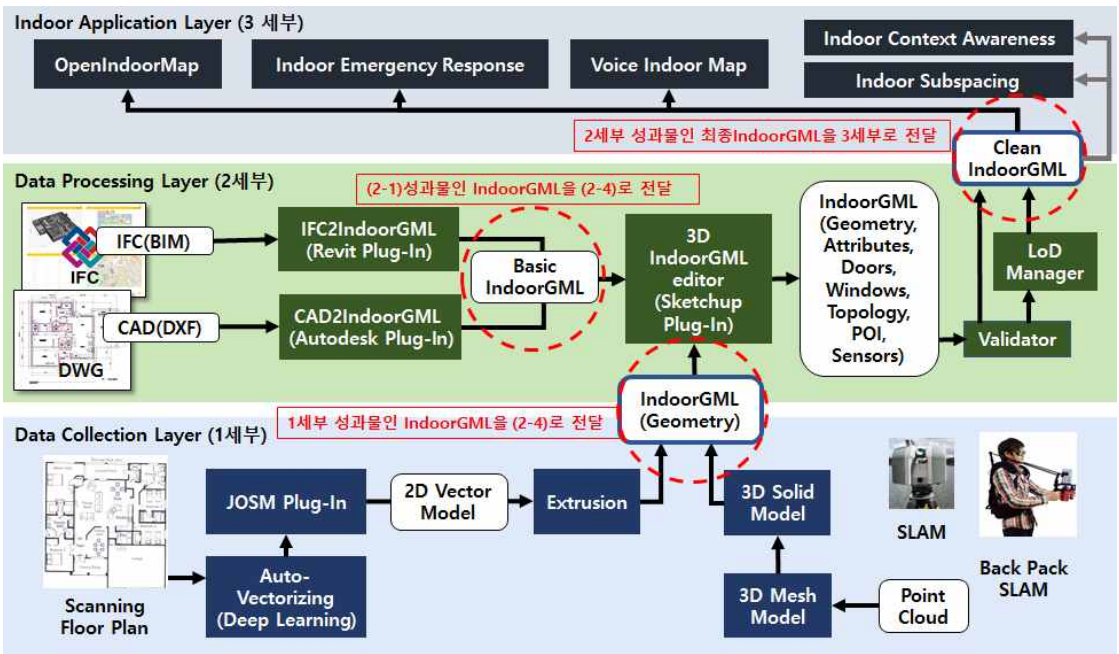
□ 전략 4 – 연구 결과의 세계화를 위한 국제공동연구: 연구 결과의 세계적 가시성을 높이고, 연구 결과를 더 높은 수준으로 끌어올리기 위하여 실내공간 분야의 세계적 전문가들과 공동으로 연구. 그 대상이 되는 연구진은 아래와 같음



그림. 국제공동연구 전문가

– 해외 학회 및 워크숍 참석을 통해 최신 동향 및 기술에 대한 모니터링하고 OGC-NIST 파일럿 프로젝트와 같이 세계적인 전문가들과 협업하여 최신 연구기술을 연구에 적용

□ 전략 5 – 세부 성과물의 기술 연계 전략: 아래의 그림과 같이 본 세부의 성과는 IndoorGML 데이터로 연계



[세부간 연구성과 연계 체계도]

– 1세부의 Point Cloud Data, 평면도 및 2세부 BIM/CAD 데이터를 IndoorGML로 가공함, 데이터 획득 방법에 따라 IndoorGML의 누락된 데이터(기하 데이터, 위상 데이터 등)를 2세부 유엔이의 Editing tool을 이용하여 보완함, 깨끗한 데이터를 3세부에 제공하여 활용하는 형태로 세부 연구 결과물을 연계함

- 세부별 연구 정보 및 연구 결과물을 지속적으로 관리하기 위한 연구단 홈페이지(www.inous.net)를 구축, 연구단 홈페이지를 통해 연구 결과물을 일반사용자가 사용할 수 있는 방안을 마련.

- 1세부-2세부 실내공간데이터 구축 성과물 연계시 특징 및 기존 대비 장점

기초 정보	1세부 결과물	제약 사항	2세부 성과물 연계시 기존 대비 장점
실내 Lidar	- 포인트클라우드 - 대용량 실사 영상 - 정제된 평면 벡터 데이터	- 자료 취득시 생성된 포인트 클라우드의 재활용 어려움 - 정제된 벡터 자료에 대한 추가적인 편집 및 속성 입력 등에 제약이 있을 수 있음	- (2-1)CAD SW기반 Plug-In을 통해 추가 정제 가능 - (2-4)IndoorGML Ediotr 기능을 이용한 실내데이터 속성 추가 가능 - (2-3)클라우드기반 활용지원 엔진을 통해 원천 대용량 포인트클라우드 활용 및 실사 영상 재활용성 증대로 다양한 서비스 수요 대응 가능
이미지 도면	- 기초 이미지 도면 - 머신러닝을 통해 정제된 벡터데이터	- 자료 생성에 활용한 이미지를 별도로 관리하기 어려움 - 정제된 벡터 자료에 대한 추가적인 편집 및 속성 입력 등에 제약이 있을 수 있음	- (2-1)CAD SW기반 Plug-In을 통해 추가 정제 가능 - (2-4)IndoorGML Ediotr 기능을 이용한 실내데이터 수정, 속성 추가 가능 - (2-3)다양한 포맷의 실내공간데이터 활용기술을 통해 변환된 벡터데이터 및 IndoorGML 데이터 뿐만 아니라 원천 이미지 데이터와의 연계를 통해 지속적인 관리 및 활용 가능

나. 1세부 연구개발 추진전략 및 방법

(1) 2단계 추진 전략: 단계별 추진 내용에 대한 설명은 아래의 표와 같음

단계	설명
1단계	저비용 실내공간정보 취득 및 구축 기술 - 도면이미지 활용 ML기반 실내공간 형상재현 기법 개발 - 3차원 모델 구현을 위한 실내공간 구성요소들의 의미정보 구축 저비용·고정밀 실내공간정보 구축 기술 - 자동화율 및 정밀도 향상에 기반한 구축비용 절감 - 국외 저명한 전문가와의 공동연구
2단계	저비용 3D 실내공간정보 구축 및 갱신 기술 고도화 - ML 기반 기하정보 추출 모듈 및 벡터라이징 기법 개선을 통한 형상 정보 구체화 - 다양한 스케일의 도면이미지에 대응이 가능한 기법으로의 개선 - 오픈소스 기반의 간편한 실내공간정보 저작도구 제공 - 3차원 실내공간 뷰어 및 Open API 제공을 통한 결과 데이터 활용성 증대 - 기업과의 연계를 통한 시작품 제작 및 상용화

(2) 연구 내용 및 방법

① 사용자 참여형 데이터 특성 기반 3차원 실내공간정보 구축을 위한 형상 및 의미 정보 추출 기법 개발

- 도면에서 실내공간정보를 구성하는 기하학적 요소 기반의 추가 객체 탐지 및 추출을 통해 실내공간 벡터 데이터의 활용성 증대
- 멀티스케일 도면에 대응이 가능한 ML 기반 형상정보 추출 모듈 제시
- 실용적인 실내공간 3차원 데이터 구축을 위해 도면에서 획득 가능한 다양한 의미정보 생성
- 실내공간 데이터의 효율적인 3차원화를 위해 층고 관련 사례 및 문헌조사를 통한 참조체계 마련
- 제안 기술의 정량적 효율성 평가를 위한 평가 방법 구축 및 가치 산정

② 카메라와 라이다의 융합을 통한 자동화율 및 정밀도 향상에 기반한 구축비용 절감

- 카메라와 라이다 기반 단순·복잡 형상 에지 추출 기술을 통해 기존 3D 메쉬 생성에 필요한 수작업 비율을 30%에서 10%로 줄여 원가 절감을 꾀함
- 건축부분 중 비정형 기하요소 정보와 실감 지도 자동 생성 기술과의 융합을 통해 실내공간정보의 품질을 향상시킴(3차년도 이후)으로써 약 2배의 이윤 향상을 기대함
- 5년간의 원가 절감, 이윤 향상을 통해 300평 floor 지도 작성 비용 기준 구축비용 50% 절감 효과를 예상함 (LOD3급 Lidar 기반 실내공간정보 구축비용: m2당 6,988원, 출처: 국토해양부 실내공간정보 및 위치검색 통합관리체계 기술기반 연구 보고서 2012)

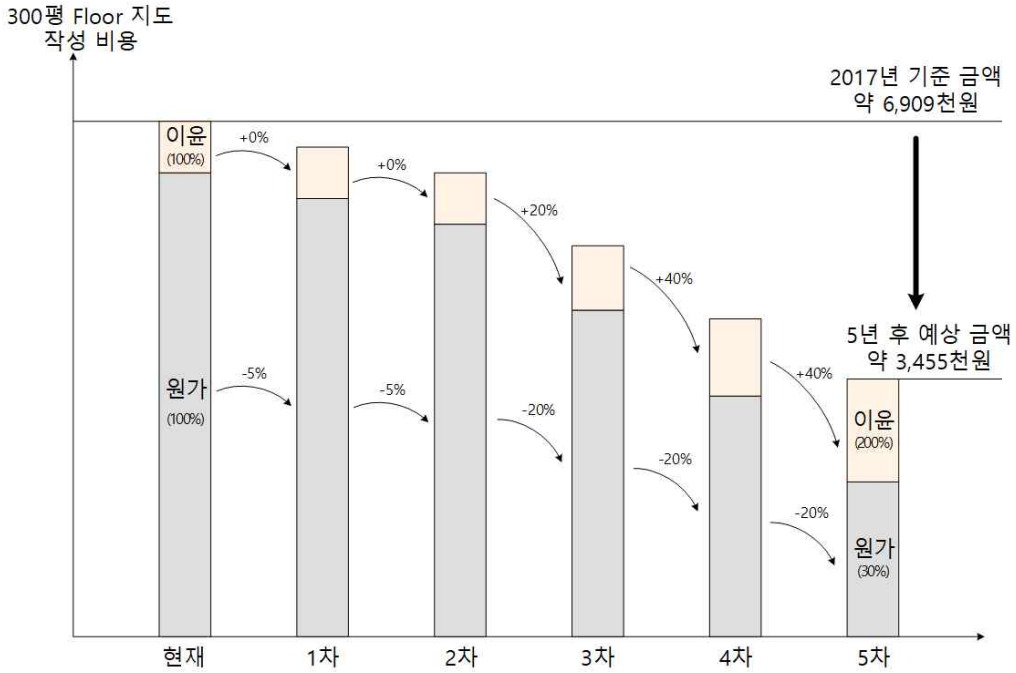


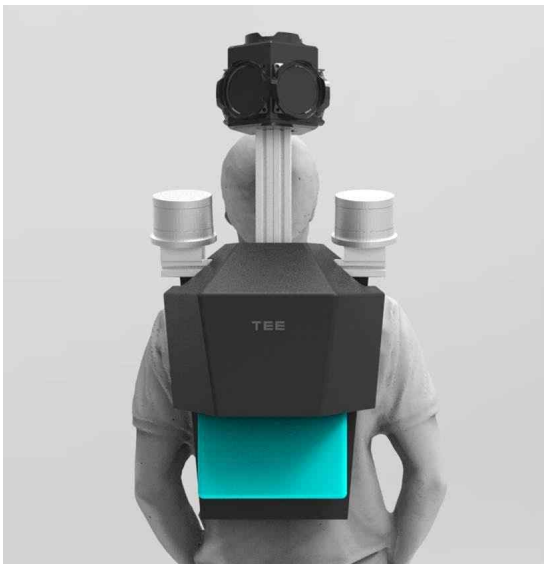
그림. 300평 floor 기준 연차별 실내공간지도 작성 비용 절감 계획

③ 참여기업과의 연계를 통한 상용화 추진

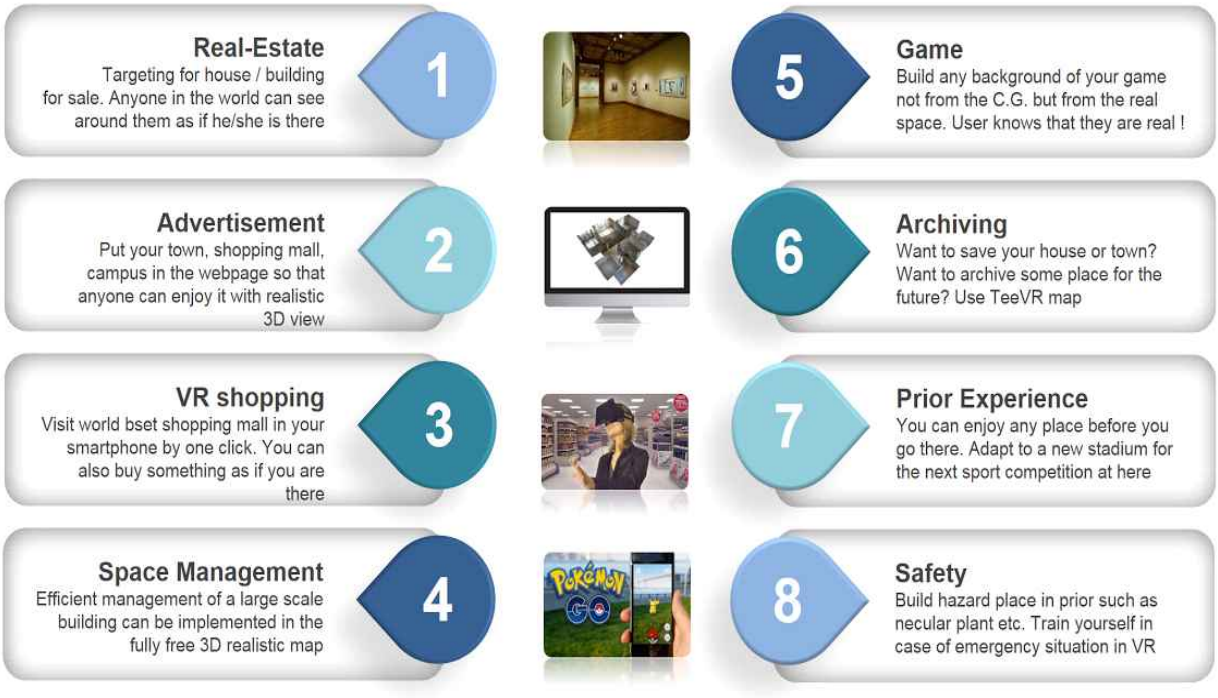
- 1단계(2, 3차년도) 연구 지원을 바탕으로 참여 기업(TeeLabs)의 2단계(4, 5차년도) 공동 연구 수행을 위한 연계성 확보
- 원계획은 티랩스가 2단계(4,5차년도)에 공동연구기관으로 상용화를 추진하는 것이 목표였으나, 고려대학교의 연구개발 결과가 초과달성되어 상용화를 위한 선제적 준비가 필요하며, 티랩스가 OGC Pilot Project의 공동 참여기관으로 선정되어 3차년도부터 공동연구를 수행하기를 희망함
- 2단계 공동 연구 및 기업으로의 1단계 개발 기술 이전을 통해 시작품 제작 및 상용화를 추진
- 고려대학교와 티랩스간의 협업으로 저비용/고정밀 실내공간정보 자동화 기술 확보

  [티랩스 향후 개발 솔루션에 대한 실용화, 사업화 전략]

  - 2차년도까지 개발된 상용화 가능한 3D 모델링 원천기술에 대해서
  - 3차년도부터 본격적 상용화를 추진하며 field test를 고려대학교와 공동으로 수행하며
  - 4차년도에 해당 기술을 배낭형 Scanner에 탑재하여 기초 테스트 및 실용화



- 5차년도에 하기 8가지 영역에 대해 보다 정밀한 지도 작성의 필요가 있는지에 대한 발굴 작업 및 적용



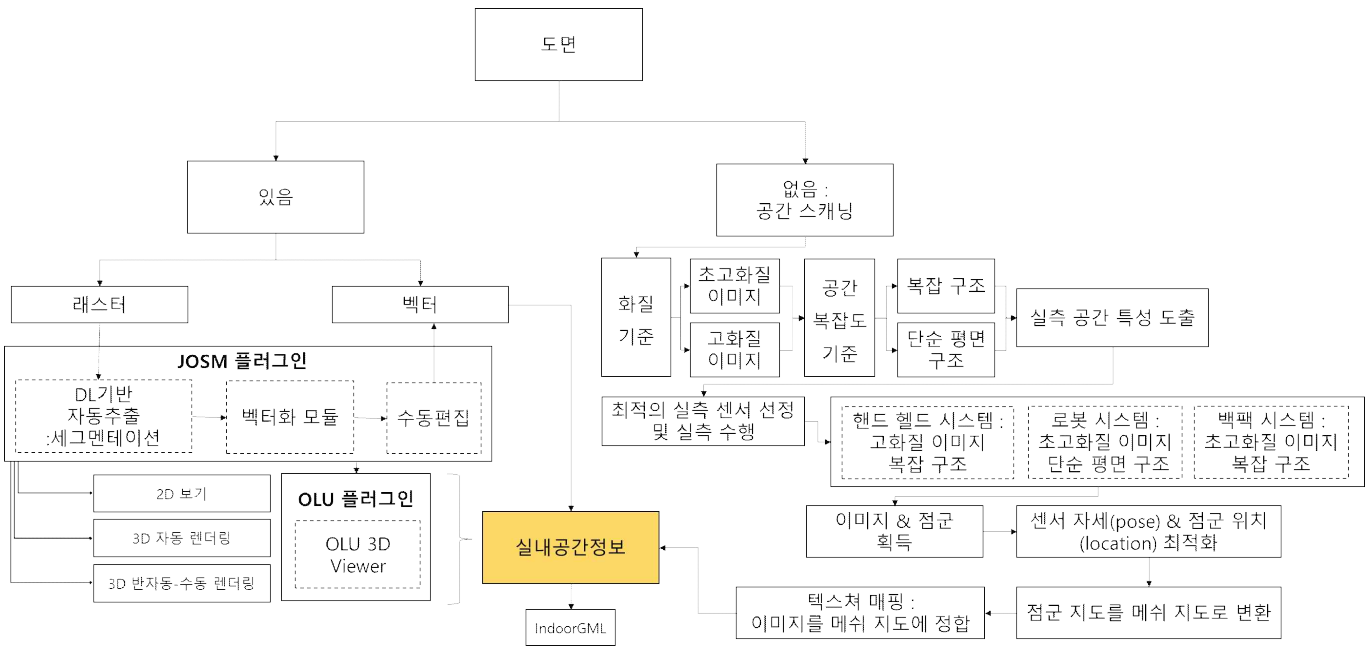
④ 1세부 과제 연구기관 간의 협업 활성화

- 1세부에서는 실내공간정보 구축을 위해 실내도면이미지 처리와 포인트 클라우드 처리기술을 개발함. 입력 데이터의 특성에 따라 상대적으로 도면이미지의 경우 의미정보 추출에 강점이 있고, 포인트 클라우드 데이터의 경우 기하정보 재현에 강점이 있음. 이 부분에 대해 1세부 전체 연구에 있어 기관 간의 상호보완적인 연구를 진행. 해당 내용을 효과적으로 수행하기 위해 협동기관의 주관으로 공동 및 위탁기관과의 분기별 1회의 정례적인 회의 진행함
- 실내도면이미지를 이용한 실내공간정보 구축은 1-1세세부(서울대)와 1-3세세부(신한항업)가 연구 개발함. 서울대는 도면이미지에서 기하학적 요소와 의미정보를 딥러닝 기반으로 추출하는 알고리즘을 개발하고 이에 대한 논문 및 특허 등의 학술적, 지식재산권 기반 실적을 달성함. 알고리즘 개발에 대한 테스트 진행과 검증은 서울대에서 담당하고, 설계서와 테스트 코드를 전달받은 신한항업은 앞의 알고리즘을 자동화하기 위한 프로토타입으로 개발함. 신한항업의 구체적으로내용은 3D 모델 데이터 포맷 및 위상정보 설정, 사용자 편집기능 분류 및 범위 지정, ML기반 실내공간정보 요소 자동화 검출 구현으로 해당 내용에 대한 SW 등록과 외부기관인증을 실시함
- 포인트 클라우드 데이터를 이용한 실내공간정보 구축은 1-2세세부(고려대)와 1-4세세부(티랩스), 그리고 위탁기관(한양대)가 함께 연구 개발함. 고려대는 정형 형상에 대한 기하 요소 구축의 원천기술을 바탕으로 비정형 형상에 대한 기하 요소 구축의 원천기술 개발을 중점적으로 수행함. 티랩스는 고려대와 긴밀한 기술적 협업을 통하여, 고려대의 원천기술에 사업성 및 상용성을 확장시키는 상용기술 개발을 중점적으로 수행함. 한양대는 고려대 및 티랩스와 긴밀한 기술적 협업을 통해, 실감 지도 생성 기술의 원천성과 상용성을 극대화 시킬 수 있는 착용형 통합 스캔 시스템의 개발을 중점적으로 수행함. 고려대-티랩스-한양대의 협업으로 생성된 스캔 시스템과 원천기술 및 상용기술은 유기적으로 최적으로 작동하여, 보다 복잡하고 넓은 공간에 대해서 정밀한 실내공간 정보를 생성하게 됨. 추가적으로 고려대-티랩스 기관 간 정례회의를 월 1회 진행할 것이며, 고려대-한양대 기관 간 정례회의를 분기 1회 진행함. 구체적 실적계획은 고려대의 경우 원천기술을 바탕으로 논문 등의 학술적 실적, 티랩스는 상용기술 개발을 통해 특허 및 외부기관 인증 실적, 한양대는 착용형 센서 시스템 최적화로 시제품 실적을 달성함

⑤ 1세부 과제 연구 방식에 따른 장단점 및 기술융합의 효과

	도면이미지 스캔	백팩 스캔
장점	- 현장 조사가 필요 없으며 실내 작업만으로 결과물 제작 - 단시간에 개략적인 평면도와 입체 3D 조감도 제작 - 특별한 장비가 필요없고 노트북과 인터넷 접속으로 작업	- 실내 현장의 현재 시점 있는 그대로의 실사 3D를 구현 - 층별 분리가 아닌 연결이 가능해 끊김 없는 VR 제공 - 실내 가구 등의 자유로운 첨삭이 가능해 메타버스에 활용
단점	- 종이도면을 기반으로 스캔한 데이터를 이용하므로 현재의 변화 상태를 반영치 못함 - 문과 유리창 등 시설물의 구체적인 형상을 재현치 못해 조감도 수준의 이용에 한정	- 별도의 백팩 장비를 구비해야 하며 실제 현장 작업이 필요 - 고비용의 3D 구현으로 경제적으로 제작하기에 부담
기술 융합의 효과	- 도면이미지 스캔 방식은 과거 도면을 기반으로 평면도와 3D 조감도를 제작하는데 유용하며, 이에 반해 백팩 스캔 방식은 현재의 3D 실사로 재현하는 데 유용함 - 두 가지 방식은 서로 다른 용도를 지니고 있어 기술을 융합했을 때 얻어지는 새로운 의미는 없으며 보완적으로 과거의 공간과 현재의 공간 상황을 비교 분석하는 데에서 활용이 가능할 것으로 판단	

⑥ 1세부 과제 연구 방식 및 적용 가능 영역에 대한 모식도



다. 2세부 연구개발 추진전략 및 방법

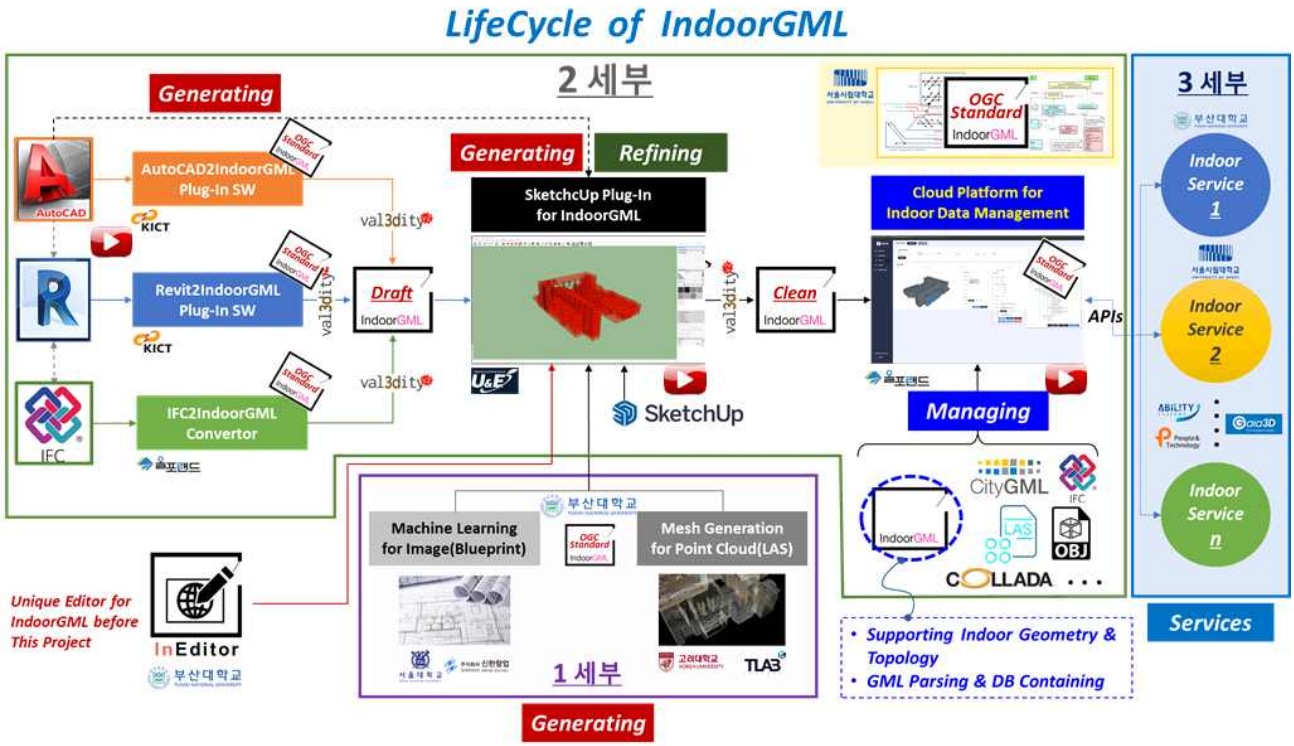


그림. 2세부과제 역할 및 추진 전략

- 1세부의 기술개발을 통해 구축 및 갱신되는 실내공간정보를 다양한 응용서비스에서 활용함에서 있어 요구되는 주요 지원기술을 개발
- IndoorGML 생태계 지원 및 활성화를 위해 상용 SW 기반의 Plug-In 형태의 IndoorGML 지원도구 개발
- 실내공간정보 OGC표준인 IndoorGML의 개정 및 실용화에 지속적인 주도 역할
- IndoorGML Validation Tool 개발 등을 위한 해외 연구팀 활용(2~3차년도)

단계	설 명
1단계	**<실내공간정보 활용지원 기술의 모듈별 핵심기술 개발>** - 국제표준화 기반 활동 전개 및 실내외 연계 모델링 표준 개발 - BIM/CAD 데이터 변환에 대한 자동화 알고리즘 탐색 및 핵심 기능 검증 - 실내공간정보 활용성 증대를 위한 Multi LoDs 지원 기술 개발 - IndoorGML Validator 및 Indoor Topology Editor 개념 설계 및 프로토타입 개발
2단계	**<실내공간정보 활용지원 기술 실증 및 지원 패키지 개발>** - 국제표준화 성과 도출(국제표준도출) 및 실내외 연계 모델링 표준 적용기술 개발 - BIM/CAD 데이터 변환에 대한 자동화 기능 구현 및 상용SW 기반 Plug-In SW 실증 - 실내공간정보 활용성 증대를 위한 Multi 포맷 자동변환 지원 기술 개발 - Indoor Editor 기능 고도화 및 테스트베드 적용을 통한 기술 검증

(2) 연구 내용 및 방법

① BIM/CAD 기반 실내공간정보 구축 자동화 기술(한국건설기술연구원)

- (1단계) 기존 표준분석 및 유사 SW에 대한 Reverse Engineering을 통해 BIM/CAD 데이터 변환에 대한 자동화 알고리즘 탐색 및 핵심 기능 설계
- (1단계) BIM(IFC)데이터를 CityGML 데이터로 변환하기 위한 프로세스 정의(1~2차년도) 및 이에 따라 SW 설계 및 핵심 기능을 개발(2차년도)
- (1단계) 최종 연구성과물의 활용성 및 실용성을 위해 연구개발 방향을 기존 자체 SW개발에서 상용 SW기반 실내공간정보 제작 지원 도구(Plug-In SW) 개발로 전환(2차년도 평가시 연구계획을 변경)하고, AutoCAD 및 Revit 기반 Plug-In SW 프로토타입 개발 연구를 수행(3차년도)

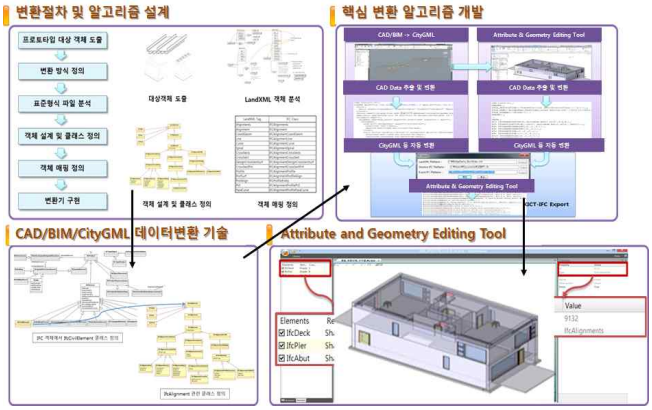


그림. BIM/CAD 데이터 변환 및 Plug-In SW개발 프로세스 설계(1,2차년도)



그림. CAD/BIM 상용 SW 기반 Plug-In 개발(래빗 플러그인 예시, 3차년도)

- (2단계) BIM/CAD 상용 SW기반 Plug-In 성능 개선 및 IndoorGML 지원 기능 강화, 실 데이터 기반 변환 Plug-In SW 기능 검증 및 개선, 테스트베드 데이터에 대한 적용 및 실용화 수준 완성도 확보. 연구과정에서 도출된 프로세스 및 룰셋은 공공 매뉴얼(국토부, 국토지리정보원 등) 등으로 활용
- (2단계) 다수의 테스트 데이터 확보를 통한 개발성과 적용성 검증 및 CAD/BIM 모델링 전문가들을 적극 활용하여 프로세스 개선 및 사용자 인터페이스 개선을 수행하므로서, 최종성과물의 완성도를 상용화 수준으로 제고하고자 함

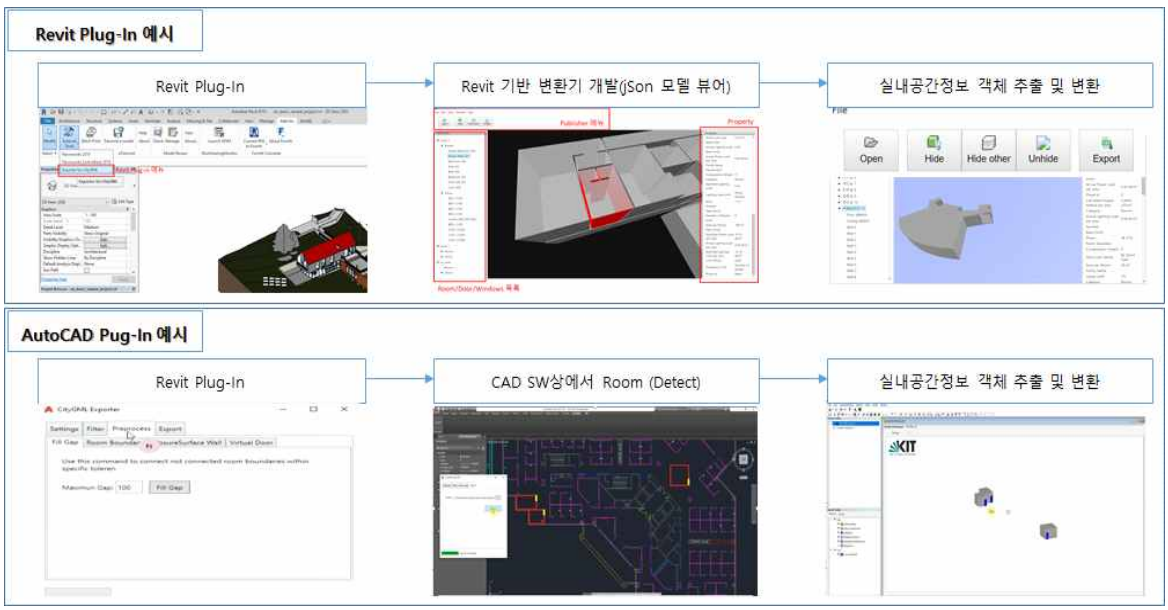


그림. 최종 성과물의 기능 개선 및 완성도 제고

② 실내공간정보 표준화 및 실내외 연계 기술 개발(서울시립대학교)

- 실내공간정보 데이터모델은 실내공간객체, LOD, 기하 및 실내 POI 데이터모델을 포함하며 이 모델은 1세부의 실내공간정보 구축 및 핵심기술 개발, 2세부의 BIM/CAD 데이터 변환에 대한 자동화기술 개발, 실내공간정보관리엔진 개발에 적용되어 실내공간정보 구축단계부터 활용단계(테스트베드)에 이르기까지 통일된 데이터모델을 기반으로 연구가 수행될 수 있도록 하고 IndoorGML 생성도구 및 검증도구를 개발하여 실내공간정보의 일관성을 유지할 수 있도록 함

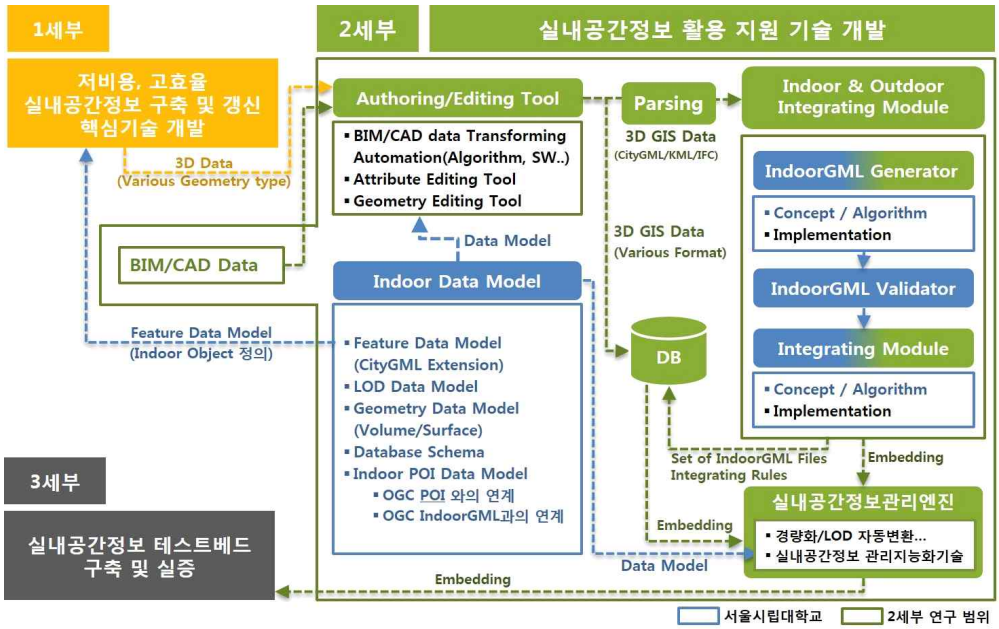


그림. 실내공간정보 표준 데이터모델 활용지원을 위한 연구개발 전략

- 실내공간정보 표준화는 실내공간객체 모델과 실내 POI 모델로 구분되며 아래와 같이 3단계에 걸쳐 수행

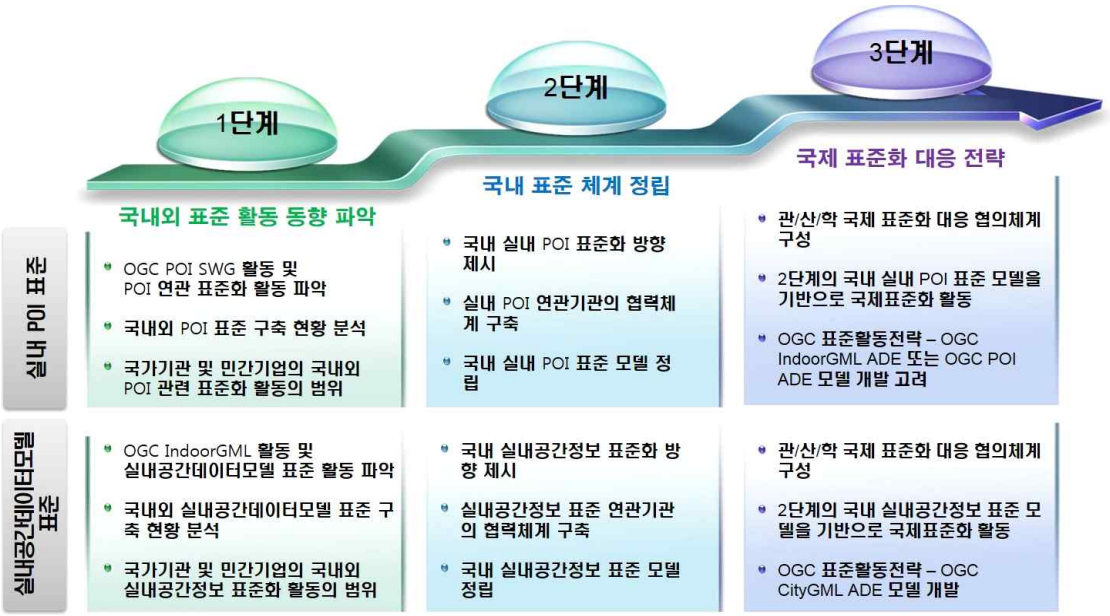


그림. 실내공간정보 표준화 전략

- 1단계로 실내 POI 모델 표준은 국내외 POI 모델 및 표준화 동향을 분석하고, 2단계로 국내 실내 POI 데이터모델의 표준 체계를 정립하고 이를 기준으로 국제표준 모델을 개발하는데 이때 국내 표준체계 정립으로는 국토지리정보원의 POI 모델 등 기존 데이터모델을 실내공간으로 확장하는 방안을 모색하고, 국제표준의 대응으로 OGC IndoorGML의 확장모듈 또는 OGC POI 표준을 실내로 확장하는 방안을 모색하고, 국제표준의 대응으로 OGC IndoorGML의 확장 모듈로 Indoor POI 데이터 모델 OGC 표준안 개발

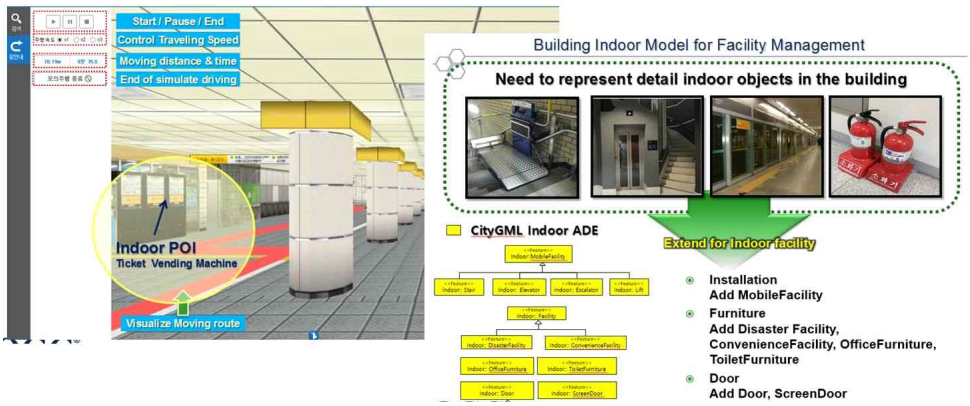


그림. OGC IndoorGML + Indoor POI 연계 방안

- 실내공간객체 데이터모델 표준화는 IndoorGML 기반으로 표준안을 개발함. 국토교통부 및 서울시의 실내공간사업에서 정의된 실내공간객체 항목 모델 참조하고 본 연구 과제에서 요구되는 실내공간객체 항목을 포함하는 실내공간데이터 모델 개발

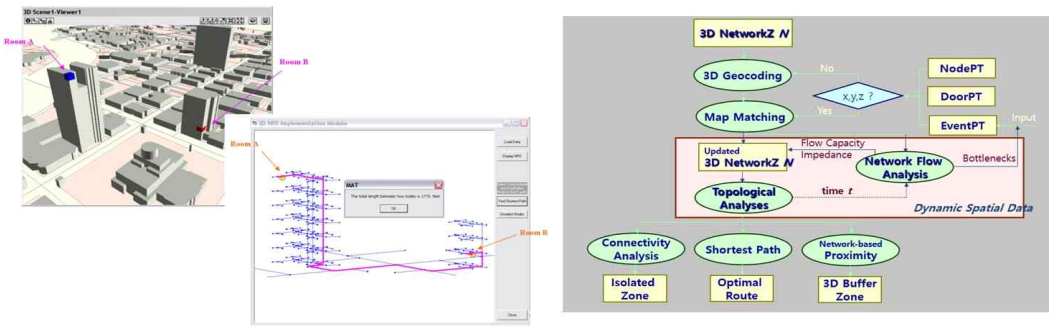


그림. Spatial-temporal Optimal Route Analysis in in-outdoor space 예시

③ 실내공간정보 저장 및 관리 지능화 기술 개발(㈜올포랜드)

- (1단계) 실내공간정보 활용성 증대를 위한 Multi LoDs 및 Multi 포맷 자동변환 지원 기술 개발

- 실내공간정보 서비스 분야에서 원하는 다양한 세밀도의 데이터를 제공하기 위하여 피쳐/기하/속성에 대한 세밀도 기술 개발
- 3차원 세밀도 모델을 기반으로 다양한 세밀도 조합을 제공
- 다양한 세밀도로 생성되는 데이터들은 모두 CityGML을 기반으로 하며, 이러한 데이터들은 서비스별로 원하는 유형의 포맷으로 제공하기 위하여 포맷 자동변환 기술을 개발
- BIM자료기반 실내공간정보 data Convertor 개발을 통해 BIM(IFC) 객체의 변환을 자동화하는 기술을 구현

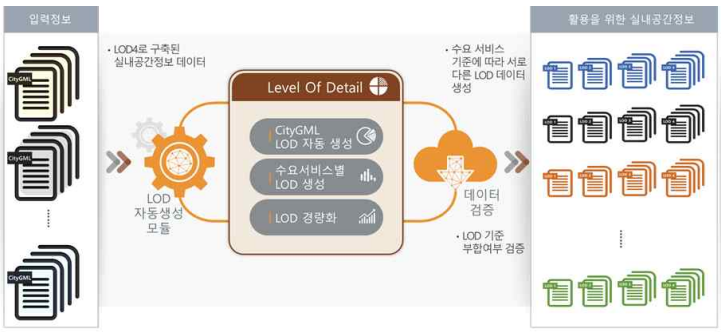


그림. 수요서비스별 LOD 자동변환 기술



그림. 실내공간정보 포맷 자동변환 기술

- (2단계) 클라우드 기반의 실내공간정보 활용 및 관리를 위한 서비스 개발

- 대용량 실내공간정보를 다수의 사용자들이 편리하게 사용할 수 있도록 클라우드 기반의 실내공간정보 활용 환경 구축
- IndoorGML중심의 데이터 변환기능 제공

- 포인트 클라우드와 같이 다양한 실내공간데이터를 저장/관리할 수 있는 DB 구축
- 2세부 자체 테스트베드 선정을 통한 클라우드 기반 실내공간정보 활용 및 관리 서비스의 실증 테스트



그림 20 실내공간정보 생애주기에 따른 관리 지능화 기술 요소정의

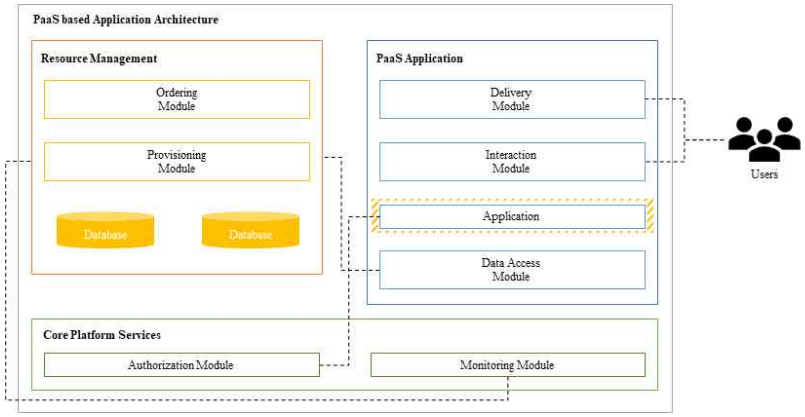


그림 21 실내공간정보 관리서비스(PaaS) 구성 개념도

④ IndoorGML 통합 모델링 및 편집기술 개발 (㈜유엔이)



그림 22. IndoorGML 통합편집기능 개발

[실내공간정보 입력기능 개발]

○ 공간정보 파일변환 통합기술 개발

- CAD, IndoorGML 파일변환 기술 개발
- 상용툴 연계 및 활용방안 모색

[IndoorGML 모델링 기능 개발]

○ Cell_Space 모델링 기능 개발

- 도면 bace로 Cell_Space 모델링 기능 개발

○ Topology 생성 기능 개발

- 편집툴에서 Topology Node, Link 정보 생성 기능 개발

○ POI 생성 기능 개발

- 기존 툴 활용을 통한 POI 생성기능 개발

[IndoorGML 편집 기능 개발]

○ 공간정보 좌표 정합 기술 개발

- 편집되는 모델의 Global 좌표 생성기능 및 변환기술 개발
- 편집툴에서의 Anchor Node 정보의 생성 및 편집기능 개발

○ IndoorGML 편집 기능 개발

- 입력된 IndoorGML의 Object 편집기능 개발, 수직동선 오브젝트 개발 (Space, Door, Window)
- Topology Node, Link 수정 및 상세정보 편집기능 개발
- POI 가시화 및 편집기능 개발

[IndoorGML 편집 기능 개발]

○ 공간정보 좌표 정합 기술 개발

- 편집되는 모델의 Global 좌표 생성기능 및 변환기술 개발
- 편집툴에서의 AnchorNode 정보의 생성 및 편집기능 개발

○ IndoorGML 편집 기능 개발

- 입력된 IndoorGML의 Object 편집기능 개발, 수직동선 오브젝트 개발 (Space, Door, Window)
- Topology Node, Link 수정 및 상세정보 편집기능 개발
- POI 가시화 및 편집기능 개발

[IndoorGML 표준 검증 기능 통합 구현]

○ IndoorGML 정합성 검증 기능 통합 구현

- 생성정보 및 수정정보를 포함하는 통합검증기능 개발

○ 정합성 검토 결과 가시화

[실내공간정보 출력 기능 개발]

○ IndoorGML Generating 기술 개발

- 최종검증 정보를 반영한 IndoorGML 정보 출력기능 개발
- 기구축 InViewer와 가시화 연동기능 개발

라. 3세부 연구개발 추진전략 및 방법

(1) 2단계 추진 전략: 단계 별 추진 내용에 대한 설명은 아래의 표와 같음

단계	설명
1단계	연구단의 각 방법론 및 성과물을 위한 기반 테스트베드와 간단한 응용서비스 1. 기반이 되는 테스트베드 구축 - 연구단의 각 연구팀이 필요로 하는 테스트베드 데이터 구축 - 실내공간데이터 처리를 위한 기초적 도구 제공 (데이터 구축, 가시화, 변환 등) 2. 실증을 위한 응용서비스 - 실내공간정보 공유: OpenIndoorMap 설계 및 개발 - VIM (Voice Indoor Map: 시각장애인 실내지도 서비스): 사회적 기여가 높은 높은 실내공간서비스 - 실내 화재대응 솔류션
2단계	1. 1 단계에서 구축된 테스트베드의 개선 및 확대 - 실제 사이트를 대상으로 테스트베드 구축 - 1단계에서 도출된 요구조건을 반영한 각종 도구 개발 2. 실증서비스의 적용 - OpenIndoorMap을 개선하여 운영 및 데이터 제공을 위한 Open API 제공 - VIM을 실제 사이트에 적용 - 실내재난 대응을 위한 기능 제공

(2) 연구 내용 및 방법

① 전체 시스템 구조 설계 및 연계

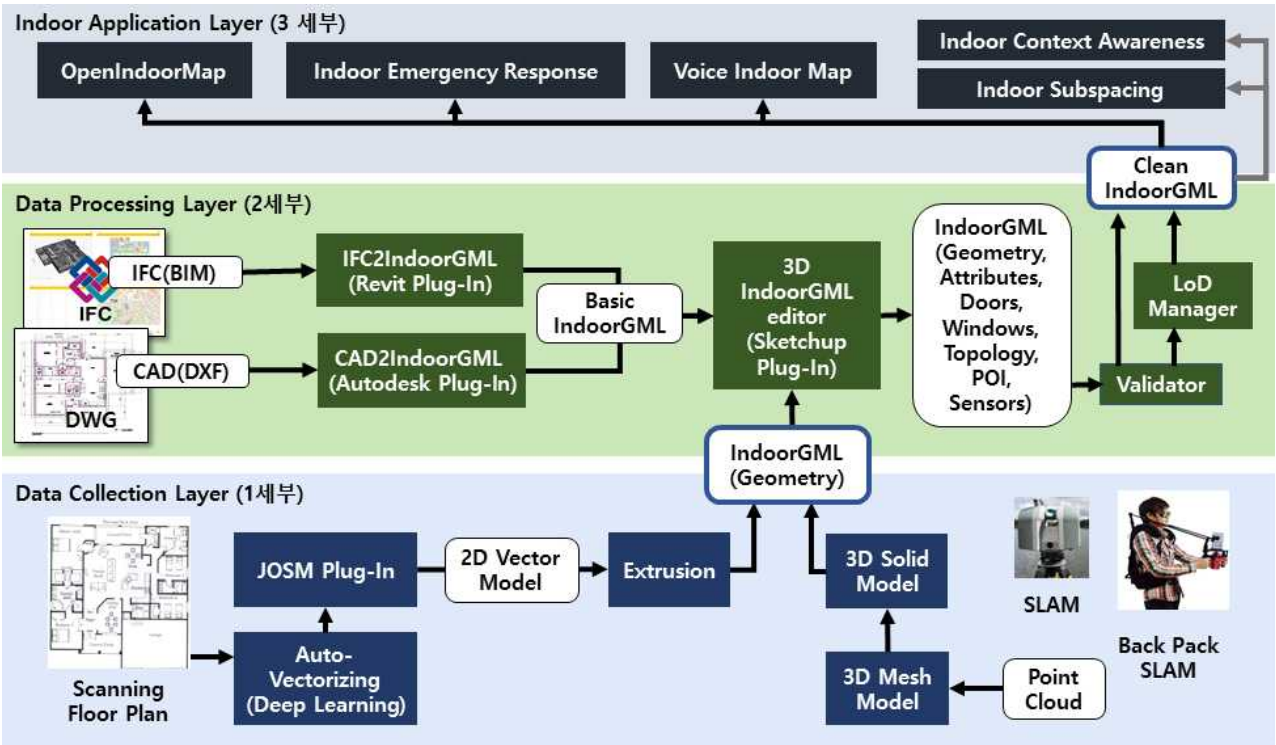


그림 23 전체 시스템 구조

- 본 연구단에서 개발되는 성과물은 아래와 같이 세 개의 세부로 구별됨: 위의 그림 참조
  - o 1세부 (데이터 구축): Point Cloud 또는 도면으로부터 실내공간데이터 자동 추출
  - o 2세부 (데이터 가공 및 관리): 실내공간데이터 가공 및 관리, BIM/CAD 데이터 변환, 3D 편집
  - o 3세부 (테스트베드 및 실증서비스): 각 연구성과의 테스트 및 연계/통합을 위한 테스트베드, 실증서비스 개발

- 각 세부 간의 연계: 아래의 그림 참조

o 1세부->2세부: 1세부에서 실내공간 데이터를 3차원 IndoorGML로 만들어 2세부에 전달. 기하정보 위주로 데이터 전달

o 2세부->3세부: 부가정보를 추가한 무결점 3차원 IndoorGML 데이터를 생성하여 3세부로 전달

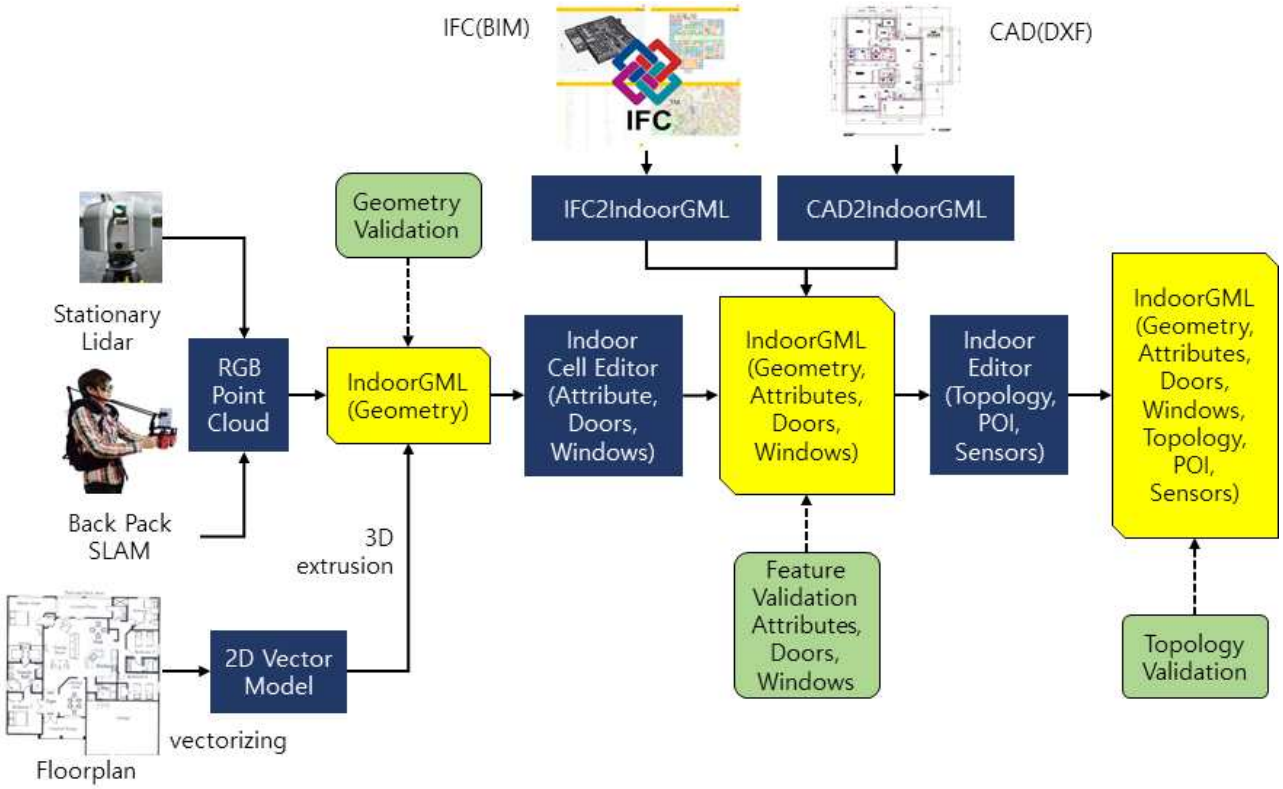


그림 24 데이터 흐름 및 세부 간의 연계

- 서울시립대학교 21세기관의 기존 자료를 사례로, 실증데이터(DWG 및 BIM(Revit, IFC))를 활용하여 IndoorGML 제작, IndoorGML 정제 및 실내공간정보 관리엔진을 활용한 성과 연계체계

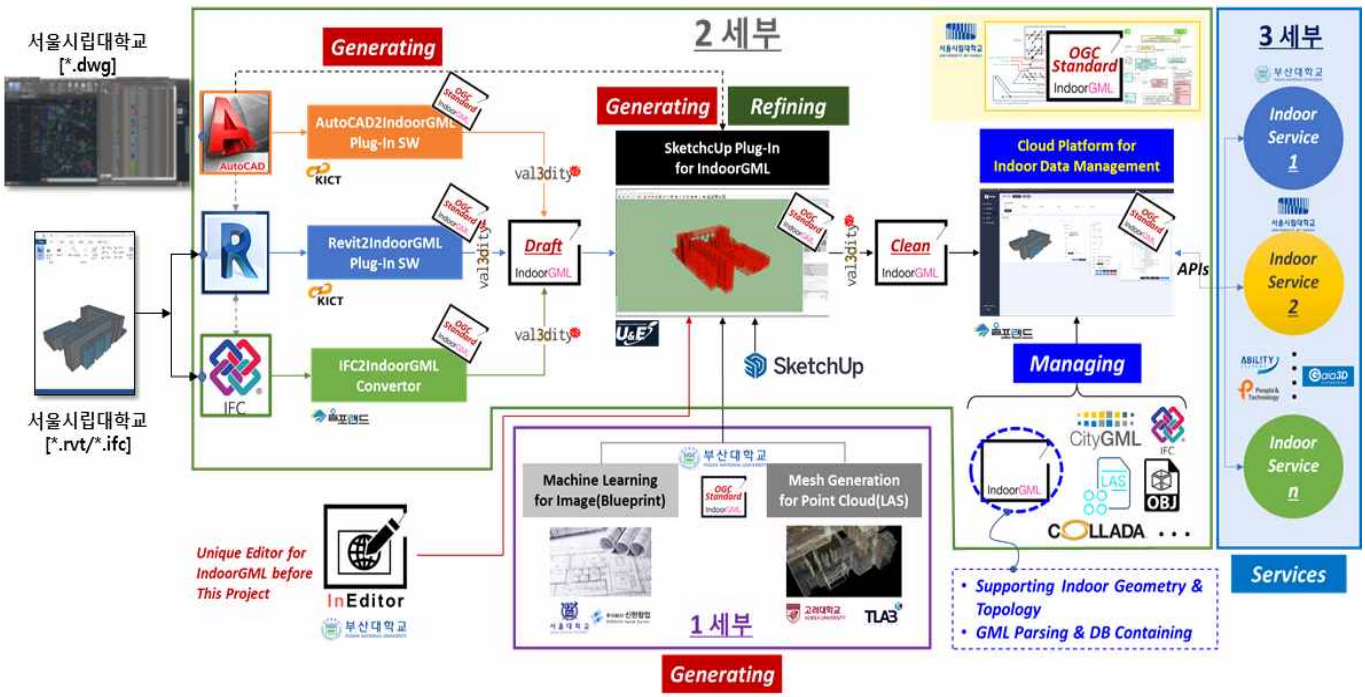


그림 25 서울시립대 데이터를 이용한 연계

② 테스트베드 구축

(가) 테스트베드의 구성

- 테스트베드는 다음과 같이 구성
  - o 데이터베드 데이터: 실제 존재하는 실내공간을 대상으로 만들어진 IndoorGML 데이터
  - o IndoorGML 지원 도구: IndoorGML 데이터를 구축, 접근, 처리하기 위한 도구

(나) 테스테베드 사이트 선정

[서울시립대학교]

- 1세부, 2세부의 성과물을 테스트할 장소가 필요함.
- 서울시립대학교 21세기관에서 실내재난대응솔루션의 테스트를 진행하기로 하여 1세부, 2세부 성과물 테스트베드로 결정됨.
- 서울시립대학교 21세기관의 설계도면으로 아래 그림은 서울시립대학교 21세기관 건물임

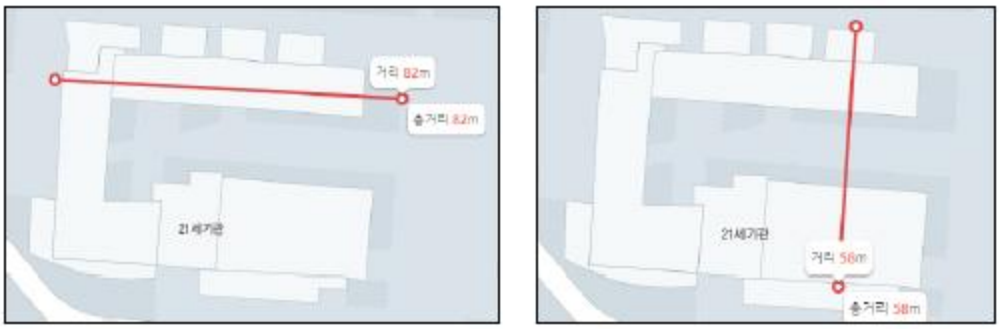


그림 26 서울시립대학교 21세기관

[UN]

- 건물 개요: 미국 뉴욕에 있는 유엔본부 건물
- 건물 위치(위경도): 40.749535821568394, -73.96751109767145
- 목적: 음성 실내 길 안내 서비스 개발



그림 27 UN 테스트베드 지역

[대구대학교]

- 건물 개요: 경북 경산시 진량읍 대구대로 201에 있는 대구대학교 사범대학 1호관
- 건물 위치(위경도): 35.90010269047776, 128.84659539083725
- 목적: 음성 실내 길 안내 서비스 개발

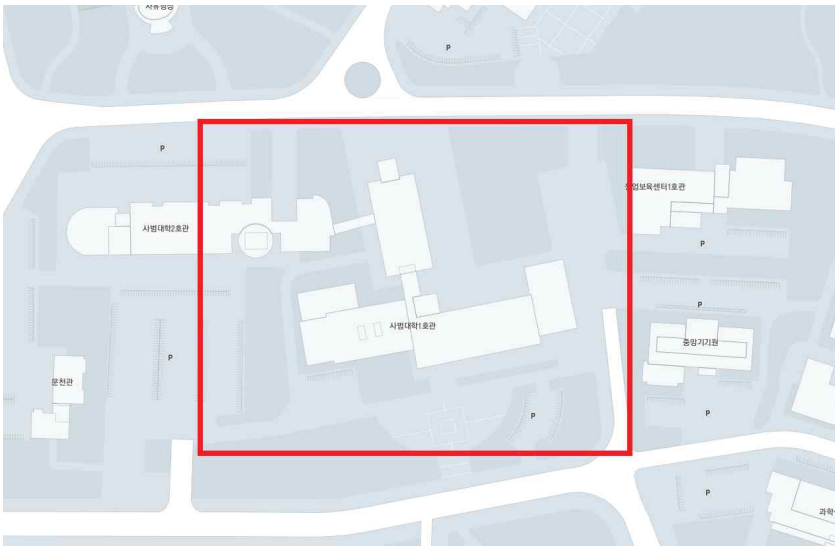


그림 28 대구대학교 테스트베드 지역

[동대구역]

- 건물 개요: 대구광역시 동구 신암4동에 있는 경부고속선과 경부선의 철도역.
- 건물 위치(위경도): 35.87922934927593, 128.62877063238406
- 목적: 음성 실내 길 안내 서비스 개발



그림 29 동대구역 테스트베드 지역

[미국 Hancock 초등학교]

- 건물 개요: 미국 Hancock 카운티의 초등학교로 NIST-OGC Pilot Project를 위하여 구축.
- 특징: Point Cloud를 통하여 구축된 데이터

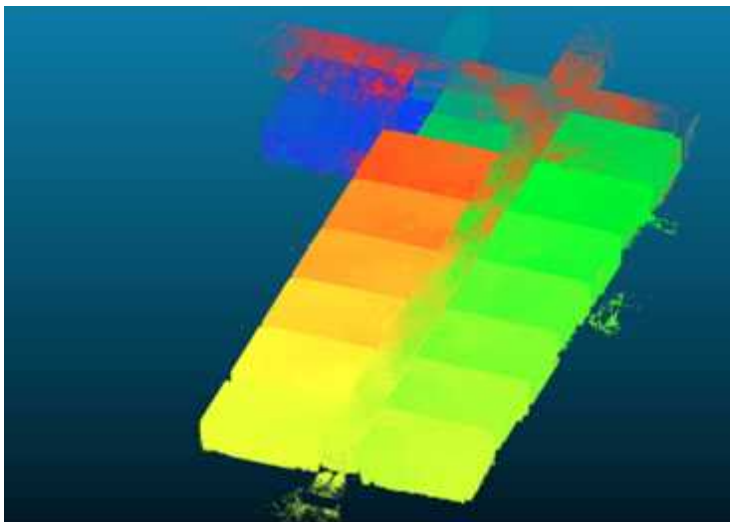


그림 30 미국 Hancock 카운티 초등학교

[에스플렉스센터]

- 건물 개요: 서울마포구 매봉산로 31번지
- 특징: Point Cloud를 통하여 구축된 데이터

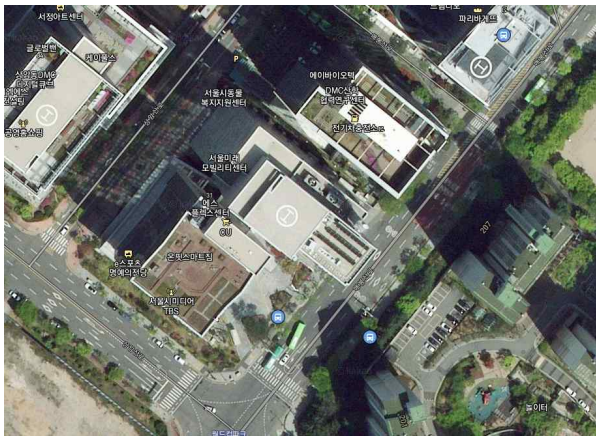


그림 31 서울 에스플렉스센터

(다) 테스테베드 지원 도구

[InEditor]

- 사용자가 IndoorGML 데이터를 생성하기 위해서는 InFactory의 API를 적절히 이용해야 함
- 그리고 이를 위해서는 평면도 혹은 좌표로 알고 있는 실내공간정보를 API에서 읽을 수 있는 형태로 가공할 필요가 있음
- 만약 작은 크기의 데이터라면 직접 json 데이터를 생성하는 것도 가능할 테지만 데이터가 커지고 복잡해진다면 텍스트 형식으로 공간정보를 다루기는 매우 힘들어짐
- 사용자에게 일종의 CAD 역할을 할 수 있는 캔버스를 제공하고 캔버스 상의 정보를 기반으로 InFactory와 통신하여 IndoorGML 파일을 생성하는 것이 InEditor의 주요 목표임
- InEditor의 개념도는 그림 1과 같음.

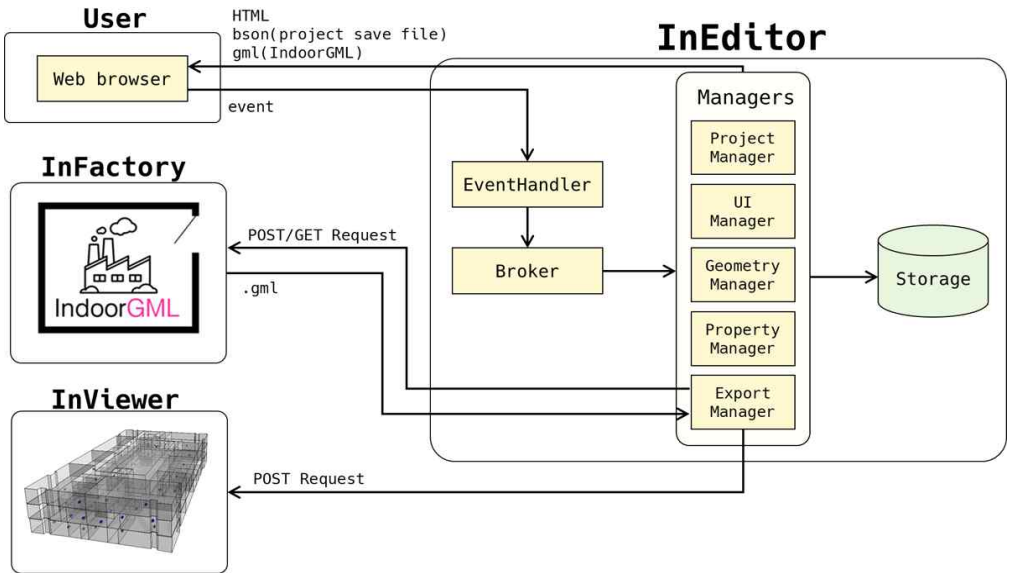


그림 32. InEditor 개념도

[InFactory]

- 기존에 존재하는 IndoorGML 데이터 편집 도구는 IndoorGML 요소의 일부만 표현할 수 있는 한계가 있거나 사용자 친화적이지 않은 UI로 인해 사용하기가 어려움
- 또한 IndoorGML의 제약 사항과 XML 스키마의 인코딩이 어려우므로 사용자가 직접 IndoorGML 데이터를 생성하는 것은 어려움
- 따라서, 사용자가 IndoorGML 데이터를 더 쉽게 생성할 수 있는 도구가 필요함.
- InFactory는 Restful API를 이용한 사용자의 HTTP 요청을 통해 IndoorGML을 생성할 수 있다.
- InFactory의 개념도는 그림 2와 같음.

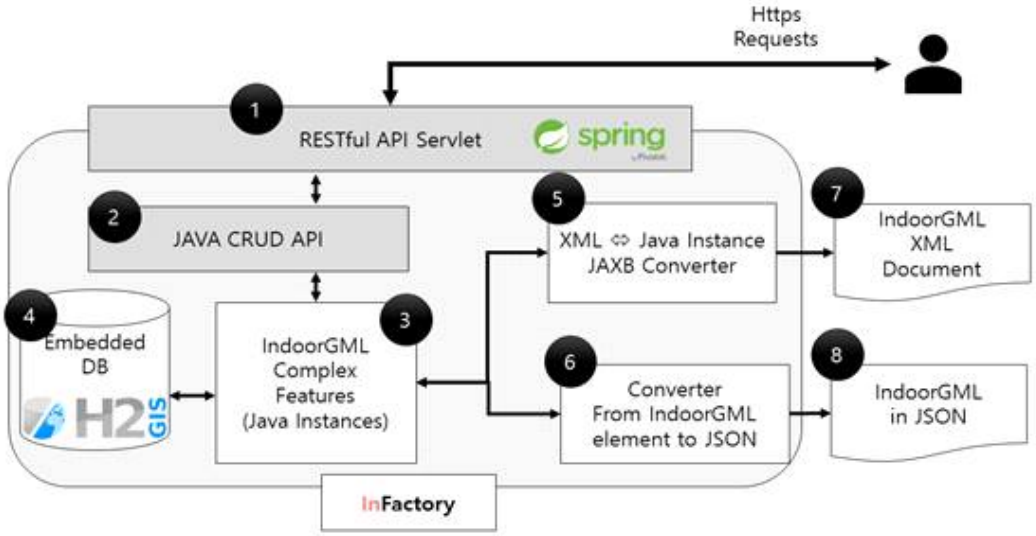


그림 33. InFactory 개념도

[InViewer]

- IndoorGML은 실내공간정보를 위한 XML 스키마로 사용자가 데이터를 확인하기 위한 어려움이 있음
- IndoorGML 데이터를 사용자가 확인하기 위해 시각화 도구가 필요함
- InViewer는 interactive preview 기능을 제공하여 사용자가 3D 공간에서 IndoorGML 데이터를 볼 수 있음
- InViewer의 구조도는 그림 2과 같음.

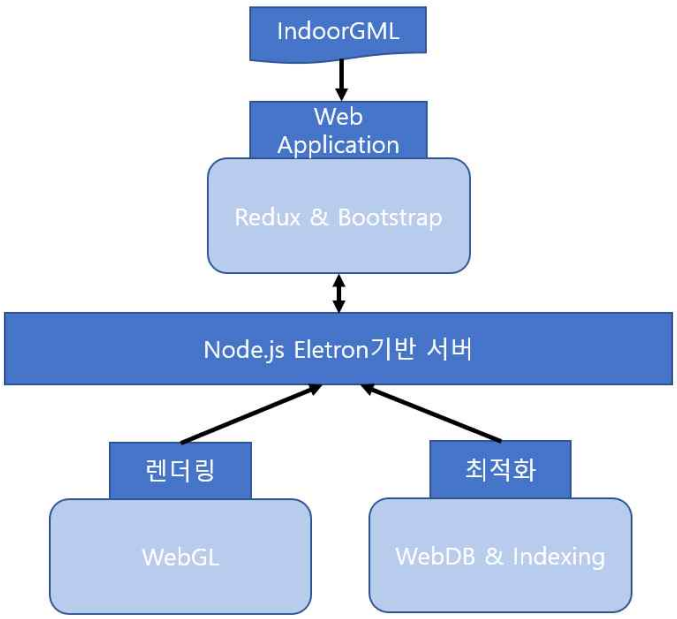


그림 34. InViewer의 구조

- 기존에 구현한 InViewer는 Web에서 작동하여 용량이 큰 데이터를 로딩하는 데 시간이 오래 걸림
- 이를 해결하기 위해 Unity3D를 이용하여 InViewer-Desktop을 개발함

[Indoor4J 및 Indoor4CPP]

- IndoorGML 데이터를 이용하여 서비스 애플리케이션을 개발하기 위해서는 IndoorGML 데이터를 소스코드 상에서 로드 및 편집할 수 있는 기능이 필요함
- 개발자는 IndoorGML 데이터를 이용하기 위해 IndoorGML의 feature 클래스까지 구현해야 함
- 개발자가 쉽게 IndoorGML 데이터를 이용하여 애플리케이션을 개발 할수 있도록 IndoorGML 파일 로드 및 IndoorGML의 feature 별 Get, Set 메소드(Getter, Setter)를 지원하는 API를 구현함

- Indoor4J는 IndoorGML 데이터를 이용하는 Java 개발자를 위한 API이고 Indoor4CPP는 C++ 개발자를 위한 API임

(라) 실증사이트 및 실증 서비스

[UN: 음성 실내 길 안내 서비스]

- 서비스 개요: 시각장애인을 위한 음성을 이용한 실내 길 안내 서비스를 모바일 앱으로 제공
- 구현 방안: 안드로이드 스마트폰 기반의 실내 측위 기술과 IndoorGML을 활용한 실내정보 가공 및 제공

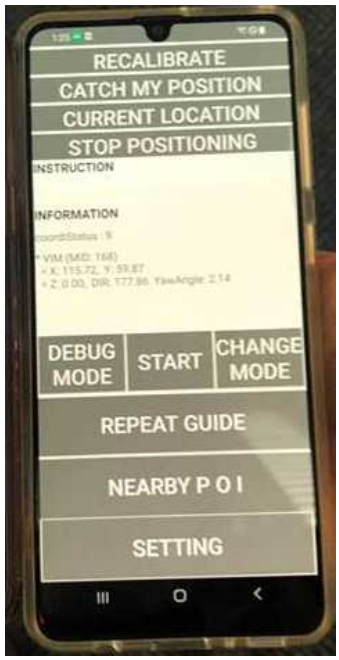


그림 35. 서비스 앱 화면

[iCongress]

- 서비스 개요: 현재시간 및 실내위치를 기반으로 한 컨벤션 센터의 행사정보 제공 서비스.
- 구현 방안: 안드로이드 스마트폰 기반의 실내 측위 기술과 IndoorGML을 활용한 실내정보 가공 및 제공.
- 기존 서비스와의 차별성: 기존 모바일 기반 행사정보 안내 서비스에서 제공하는 홈페이지 수준의 정보제공에서 확장하여 실시간 개인 사용자의 위치를 고려한 개인 맞춤형 정보제공이 핵심.

[InCOVID]

- 이 연구는 주어진 실내 지도를 통해 COVID-19 가 어떻게 전파되어 영향을 받는지 분석하는 시뮬레이션 도구를 만드는 것이 목적이다.
- 이 시뮬레이션 도구는 기하학, 위상 그리고 실내 공간을 표현하는 국제 표준인 OGC IndoorGML을 사용하였다.
- 개발된 시뮬레이션 프로그램의 유용성을 확인하기 위해 두 개의 실제 건물에 적용하여 테스트한 결과를 제시하였다.
- 실내 공간에서의 이동하는 물체의 궤적을 생성하기 위하여 SIMOGen(Synthetic Indoor Moving Objects Generator)을 사용하였다.
- 개발한 IndoorGML을 활용한 COVID-19 전염 분석은 그림 1)과 같다

[TICA]

- IndoorGML 데이터 구축을 위한 데이터 클리닝, 저작, 공간 속성 편집을 위한 도구

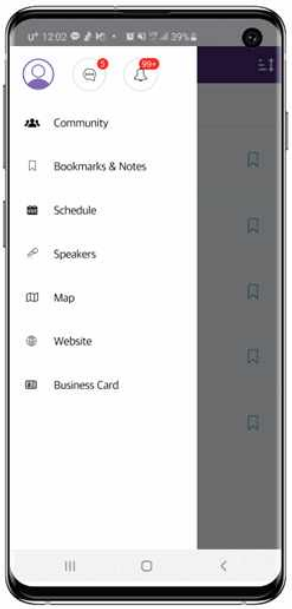


그림 36. 앱 실행 화면

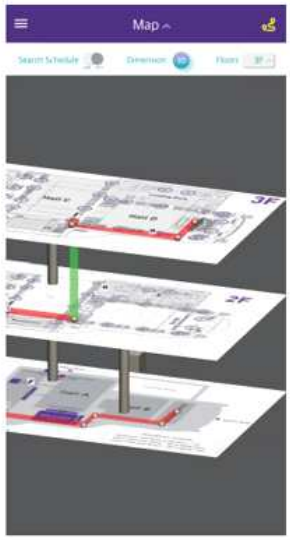


그림 37. 3차원 실내지도 표시

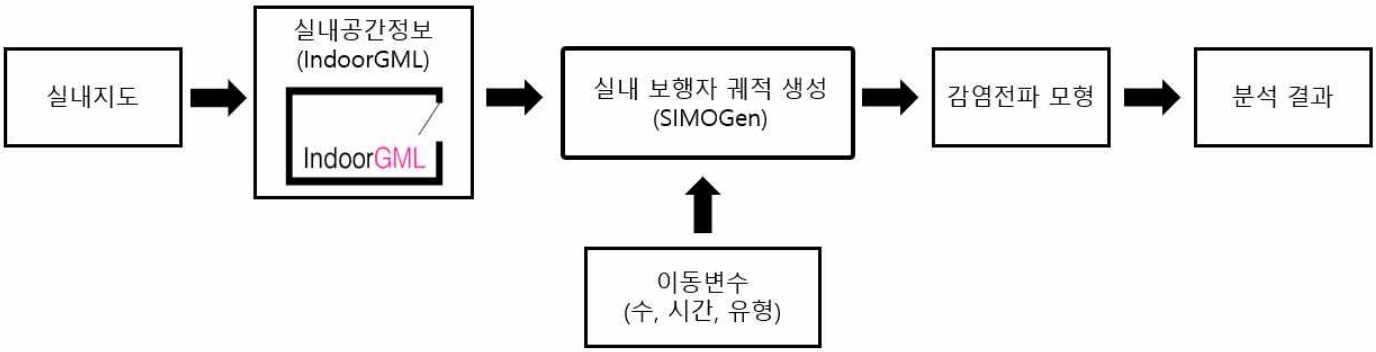


그림 38. 개발한 IndoorGML을 활용한 COVID-19 전염 분석

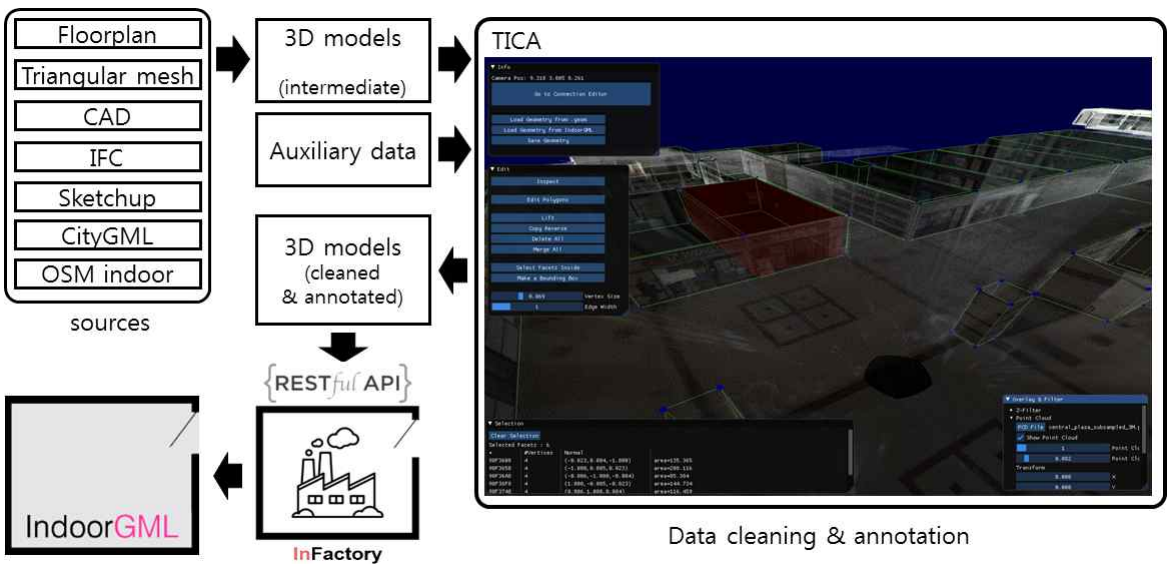


그림 39. TICA를 이용한 IndoorGML 데이터 구축 과정

- 3차원 기하 객체 및 포인트 클라우드, 텍스쳐 등 추가적인 정보를 활용하여 구축된 데이터를 시각적으로 검증하고 불필요한 객체 제거와 누락된 구조 복원 등의 데이터 수정 작업을 지원
- 쌍대공간 생성 및 연결구조 편집, 공간 속성 입력 등 IndoorGML 데이터에 필요한 추가 속성들을 입력
- InFactory를 통하여 IndoorGML 데이터 출력

[Val3Dity for IndoorGML]

- IndoorGML의 유효성을 검증하는 도구

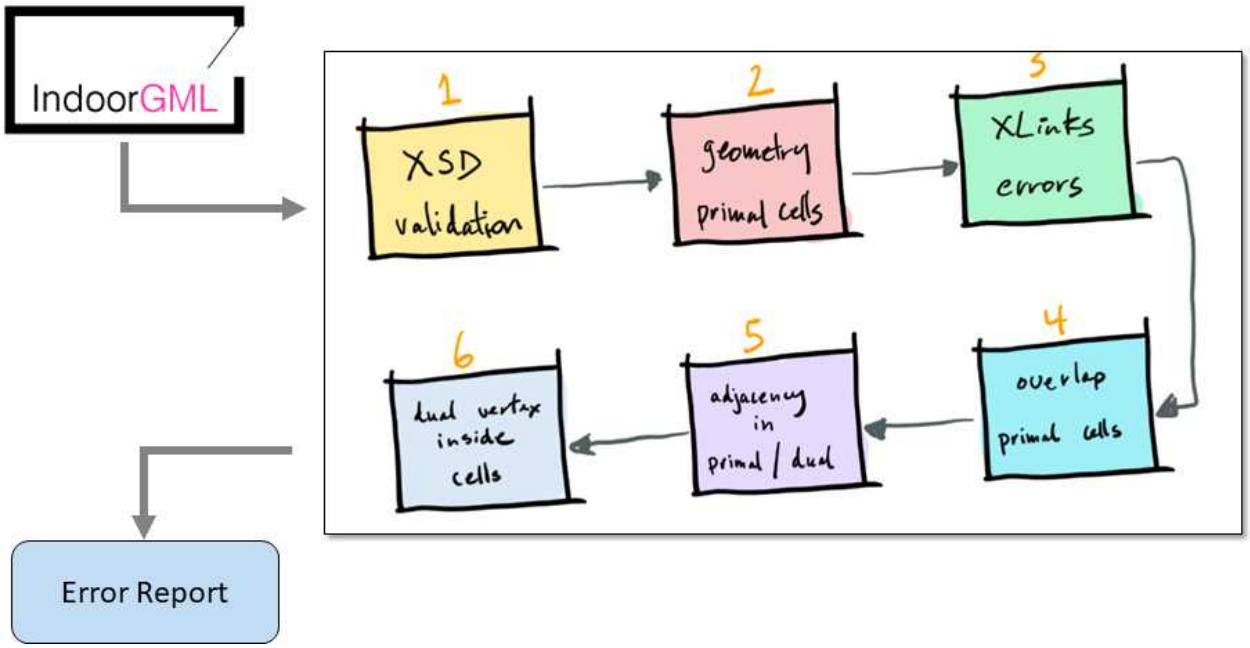


그림 40 IndoorGML 검증도구 - Val3Dity

③ 사용자 상황추론 및 실내공간분석 방법론 개발

(가) 실내단위공간 분할 방법

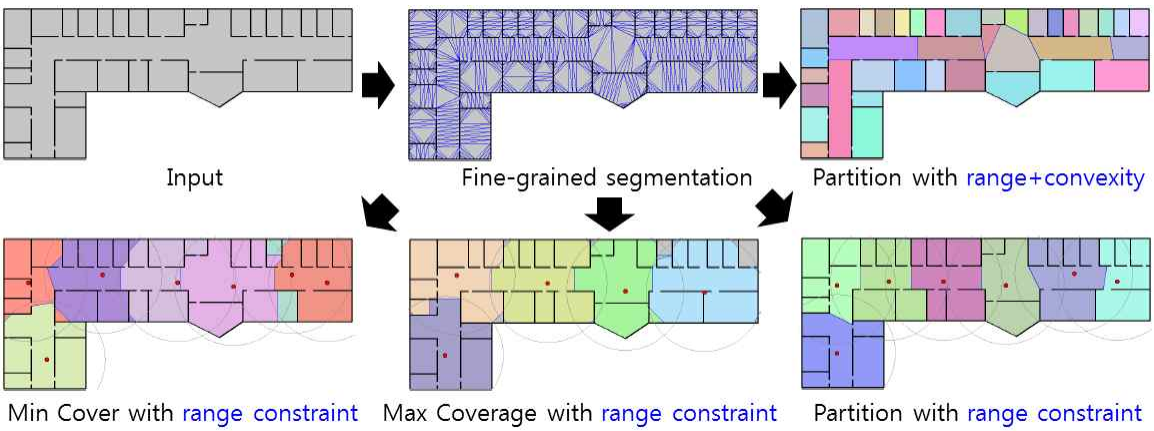


그림 41. 연구개발한 공간 분할 프레임워크를 이용하여 다양한 형태의 공간 분할을 수행한 예

- 실내 공간 관련 문제를 해결하기 위한 공간 커버 및 분할 문제를 통합적으로 형식화한 공간 분할 프레임워크를 개발
- 커버 및 분할되는 부분공간의 특성을 매개변수화함으로써 다양한 형태의 분할을 유연하게 생성할 수 있음
- 실내 공간 분석 및 활용과 관련된 다양한 계산적 문제들에 대한 실험을 통하여 효과성을 입증.

(나) 실내 맵 매칭 방법

- 실내 측위 좌표 및 측위 좌표들의 궤적에 대해 방 수준의 위치 정확도를 개선하는 실내 맵 매칭 방법을 실내 환경의 제약 사항 및 특징들을 고려하여 은닉 마르코프 모델 기반으로 개발함
- 개발한 실내 맵 매칭 방법을 실제 및 합성 환경에서 많은 궤적 데이터를 이용하여 실험 및 검증함
- 실험 결과 방 수준의 위치 정확도가 실제 환경인 경우 최대 30%, 합성 환경인 경우 최대 23% 개선되는

것을 확인 할 수 있었음

- 본 연구를 SCI-E급 저널인 International Journal of Geo-Information (IJGI)에 투고하여 게재 완료되었음

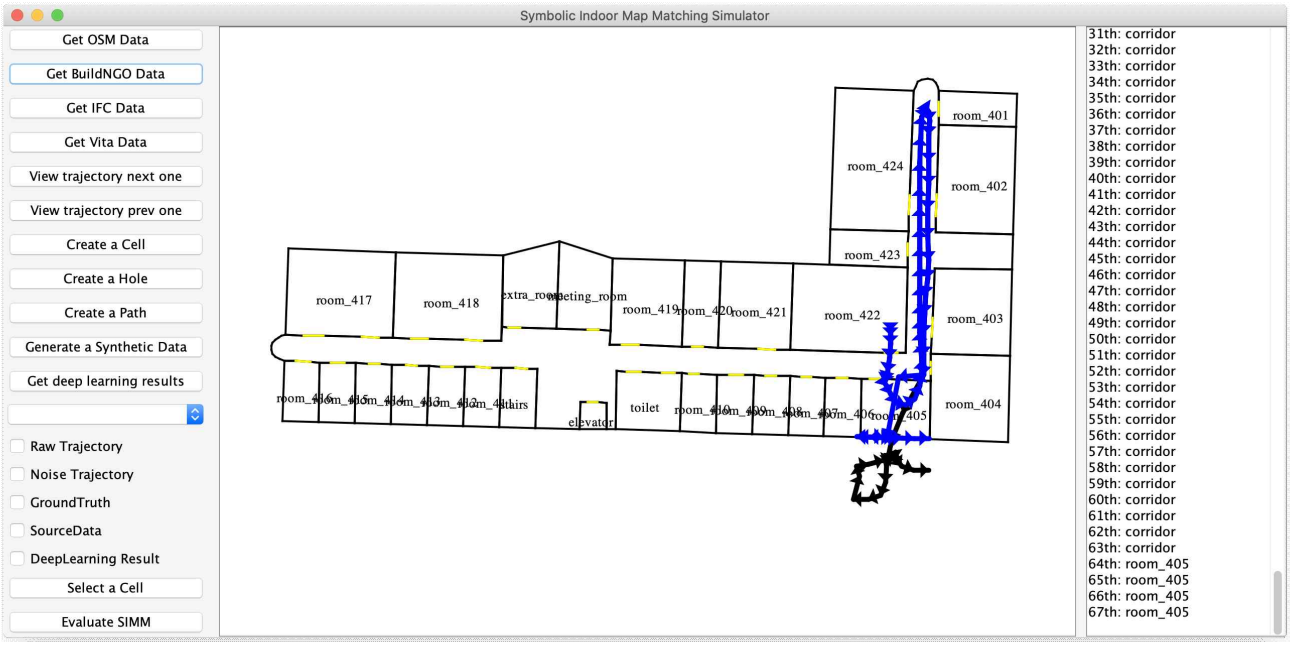


그림 42 실내 맵 매칭 방법 시뮬레이션 프로그램

(다) 스마트폰의 센서를 활용한 사용자 상황추론 방법

- 사용자의 스마트폰의 센서를 활용하여 사용자의 상황을 추론하는 것이 목적임
- 본 연구에서는 실내공간의 위치 정보와 활동 정보를 결합하여 사용자의 상황을 추론함
- 실내공간의 위치 모델은 OGC 표준 IndoorGML을 참조하여 CellSpace를 단위 공간으로 선정함
- CellSpace 유형에 따라 강의실, 사무실, 회의실로 공간을 분류함
- 실내공간 위치 좌푯값(x,y,z)을 셀 단위로 변환하여 사용자의 위치 정보를 추출함
- 사용자의 스마트폰에서 제공하는 가속도 센서와 자이로스코프 센서의 데이터를 수집하여 말하기, 듣기, 사무 등으로 활동 모델을 정의함
- 사용자의 스마트폰으로 수집한 센서 데이터를 전처리 후 CNN 및 RNN이 결합된 딥러닝 모델에 적용하여 사용자 활동 상황을 추출함
- 추출한 사용자의 위치 정보와 활동 정보를 결합하여 사용자의 상황을 강사, 학생, 사무원, 발표자, 청자 등으로 추론함
- 사용자 상황추론 방법의 흐름도는 그림 5과 같다.

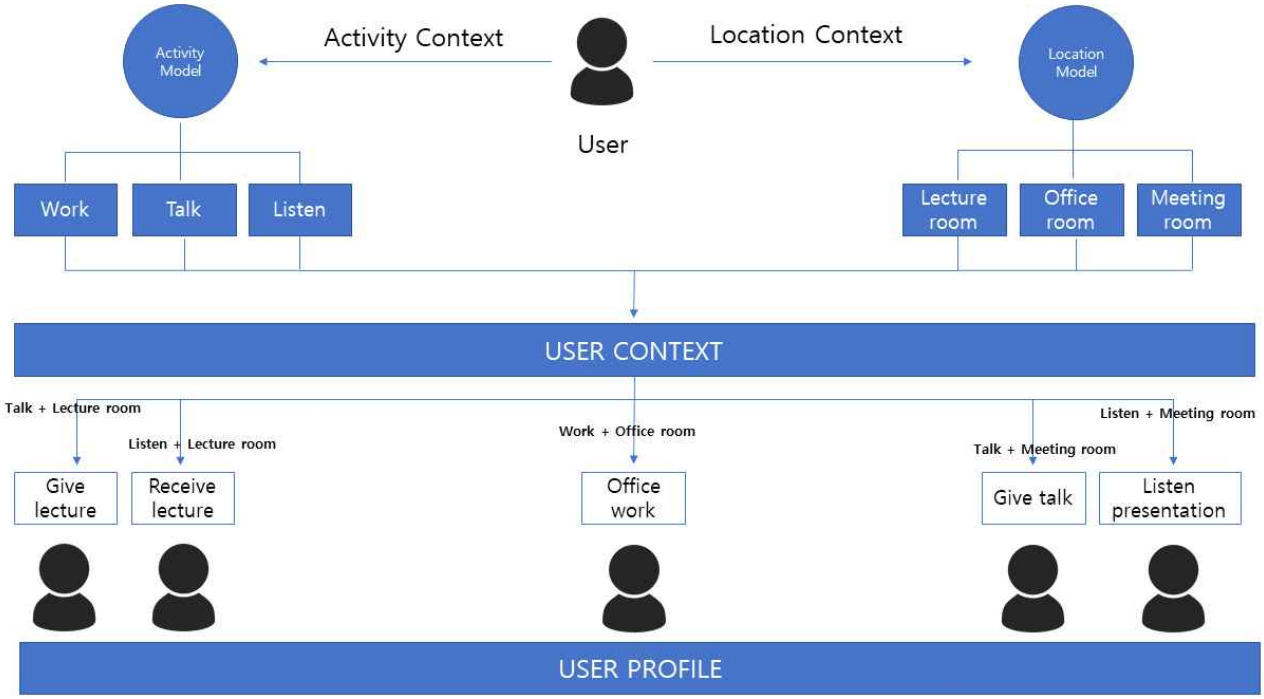


그림 43. 사용자 상황추론 전체 흐름도

④ OpenIndoorMap

(가) 조사 및 설계

- 기존 유사서비스의 한계: 기존 OpenIndoorMap과 유사한 서비스는 OpenStreetMap이 있으나, 이는 2차원 실외를 주로 대상으로 하고 있어, 본 과제에서 추구하는 실내공간정보의 공유 포털로 역할을 하는데 한계가 있음.
- 본 과제에서 개발하는 OpenIndoorMap은 실외는 OpenStreetMap을 그대로 2차원으로 사용하나 실내는 3차원 플랫폼을 이용하여 가시화 서비스를 Cesium을 이용하여 제공

(나) OpenIndoorMap서버 개발 및 시범 구축

- AWS(Amason Web Service)서버 구축 및 테스트
- OpenIndoorMap(OIM)사이트 개설 (도메인: www.openindoormap.io)
- CityGML/IndoorGML을 F4D 형식으로 변환하는 변환기 구현
- 라벨 및 객체 기본 정보 표시 기능 구현
- 객체 선택 및 이동 등 조작 기능 구현
- 실내공간에 대한 적절한 Browsing
- 미리 정의된 Path를 따라 사용자의 시각이 움직일 수 있는 기능 구현
- 배경지도는 OpenStreetMap을 WMS로 이용
- 확보된 자료로부터 OpenIndoorMap시범 서비스(시제품) 개발

(다) OpenIndoorMap서비스 공개

- 시범서비스에서 자료 공유를 위한 복잡한 절차 개선(5단계->3단계)
- 범용적인 변환 룰셋 제공(기본, 큰 건물, 초대형 건물)
- 자료 변환 절차 자동화
- 자료 변환 품질 개선
- 1세부/2세부 결과물을 반영하여 서비스 개선
- 다양한 예외처리/오류 처리/기능 개선을 통한 경험 축적
- 실증 사이트를 중심으로 서비스 지역 확대
- 구축되는 다양한 실내공간데이터를 OpenIndoorMap에 수시로 반영

- OpenIndoorMap시범 서비스의 개선

(라) OpenIndoorMap서버의 개선 및 Open API 서비스 탑재

- 자료 공유 절차 개선을 통한 변환 단계 최소화 및 편의성 증대
- 데이터의 위치정보 추출 및 origin 반영
- 자료 변환 절차 자동화
- 자료 변환 품질 개선
- 관리자 서비스 연동
- OpenIndoorMap 공개 서비스 운영 및 관리
- UI 개선
- 실내공간정보 제공을 위한 Open API 설계 및 구현
- OpenAPI 문서화
- Server Side OpenAPI 5종, Client Side OpenAPI 20종 구현
- OpenAPI의 기능 동작에 관해 TTA 검증 수행

(마) OpenIndoorMap 지속적 서비스를 위한 기반 구축

- 대시보드 개선과 서비스 통계기능 추가
- 지속적 운영을 위한 인프라 구조의 사양 정의 및 운영자/개발자 매뉴얼 작성
- 영문 서비스 오픈
- 사용자 게시판으로 github의 OpenIndoorMap 리파지토리의 issue게시판을 링크하여 서비스의 버그, 개선점 , 궁금증 등을 소통할 수 있도록 함
- SW 저작권 등록 및 TTA 검증 수행

⑤ 시각장애인 음성기반 실내지도 서비스

- 기존 서비스의 한계: 지금까지의 실내지도 서비스는 주로 비시각 장애인을 대상으로 하는 것이었으므로 이를 시각장애인이 사용하는데 한계가 있음.
- 또한 시각장애인을 위한 길안내 서비스는 정확한 측위를 전제하고 있어 현재의 기술로는 어려움
- 따라서 본 연구는 실내의 지리적 정보를 시각장애인에게 제공하는 서비스를 개발.
- 시각장애인이 생활 중에 겪는 가장 어려운 점은 새로운 공간에서 이동하는 것으로 특히, 처음 가는 실내공간은 시각장애인에게 매우 심각한 문제
- 실내공간기술의 발달을 통하여 시각장애인에게 실내지도를 제공하는 서비스 기술이 가능
- 단, 이 서비스는 시각장애인의 실내 네비게이션 서비스와 다음과 같은 이유로 엄격하게 구별됨
  실내 네비게이션은 이동에 관한 정보를 제공하는 것이 목적인 반면 실내지도는 실내의 지리적 정보를 제공하는 것이 목적. 따라서 실내 네비게이션은 정확한 측위를 전제로 하지만, 실내지도는 일반 약도와 같이 정확한 측위를 전제로 하지는 않음
- 실내지도는 시각장애인에게 스마트폰에서 지원하는 음성기반 사용자 대화방식으로 제공됨.
- 본 서비스를 위하여서 가상 비콘 또는 하이브리즈 실내측위를 사용할 예정
- 시제품을 조기에 개발 하였고, 충분한 현장 테스트와 개선으로 실질적으로 서비스가 확장 가능하도록 단계별 연구개발을 수립함

실질적으로 서비스가 확장 가능하도록 단계별 연구 개발 추진 전략 수립

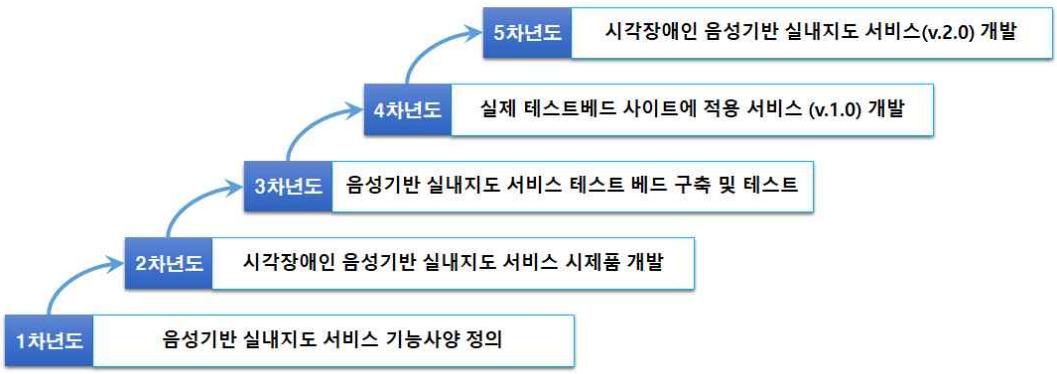


그림 44. 단계별 연구개발 추진 전략

- 서비스를 위한 시스템의 각 구성 요소별 편의성을 증대시켜 서비스 확장에 기여하도록 함

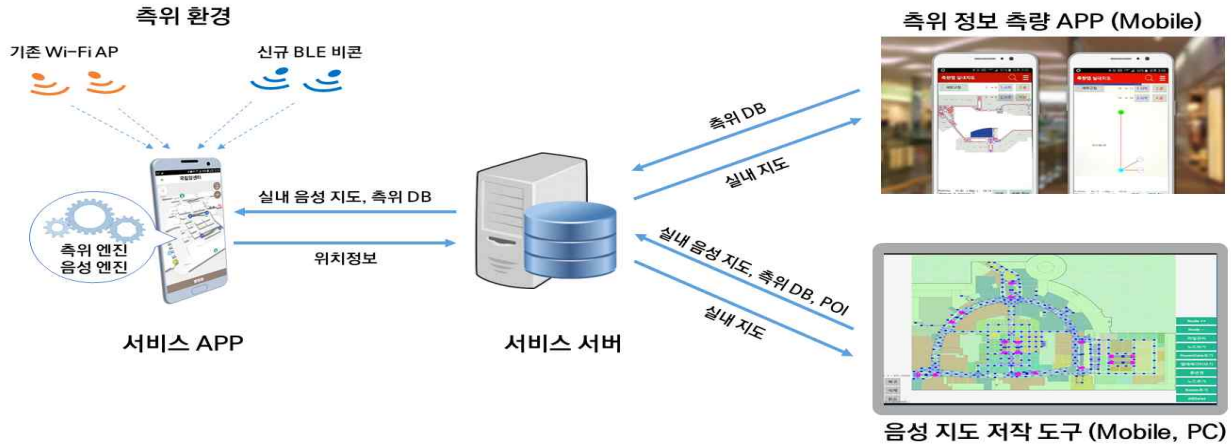


그림 45 편의성 증대를 위한 서비스 확장

⑥ OGC 표준 기반 재난대응 서버 구축 및 이를 활용한 재난대응솔루션 개발

[IndoorGML과 FDS를 이용한 화재 대피 시뮬레이션 모델]

- 대형 건축물의 심사 단계에서, 실내 공간의 기하학적 구조가 화재 대피에 미치는 영향을 분석하기 위해 Pathfinder, buildingEXODUS, Simulex 등의 대피 시뮬레이터와 FDS, SMARTFIRE 등의 화재 시뮬레이터가 활용되고 있고, 이를 성능위주설계 방식이라 부름
- 성능위주설계는 매우 보편화된 방식이고 대부분의 지역에서 위 SW들을 활용하고 있지만, 대피 모델과 화재 모델의 통합에는 아직까지 한계가 존재함
- 상용 SW에서는 화재 상황에서 보행자들의 신체적 능력이 하락하고, 연기가 가득찬 공간에서는 기어가는 등의 행동 모델이 고려되지만, 출구 선택 모델이 최단거리, 최소시간, 사용자 지정 등 매우 단순한 가정에 기반하고 있음
- 또한 실내 공간에 대한 지오메트리를 생성함에 있어, CAD 등의 로컬 좌표계에 기반한 자체 데이터 포맷을 요구하고 있어 GIS 데이터와의 연계를 통한 실내·외의 seamless한 연결이 불가능함
- 이에 본 연구진은 IndoorGML을 이용하여 대피 모델과 화재 모델의 지오메트리를 생성하고, 화재 인지 시 보행자가 안전한 출구로 우회하는 행동이 모델링 된 에이전트 기반 화재 대피 시뮬레이션 기법을 개발함
- 개발된 모델은 FFM(Floor Field Model)을 기반으로, 화재 영역을 의미하는 화재 확산 필드, 화재를 시각적으로 인지할 수 있는 영역을 의미하는 화재 인지 필드가 추가되었으며, 화재 확산 필드는 동일 격자 행상도를 갖는 FDS를 통해 연산됨
- 본 모델은 화재 및 인지 영역의 확산에 따라 위험요인을 고려한 가중 거리 맵을 의미하는 weighted SFF(Static Floor Field)가 갱신되고, 에이전트가 화재를 인지하면 가중 거리 맵을 통해 안전한 출구로 우회하는 행동을 묘사함

– 이러한 본 모델의 차별성은 동일 환경(실내 공간, 화재 시나리오)을 가정한 상용 SW와의 시뮬레이션에서 극명하게 나타남

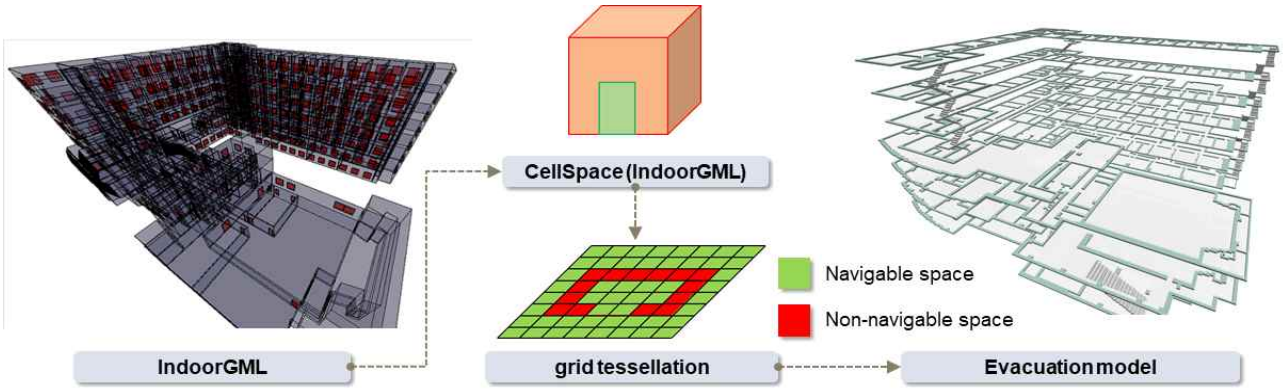


그림 46 IndoorGML을 이용하여 대피 모델의 지오메트리 생성

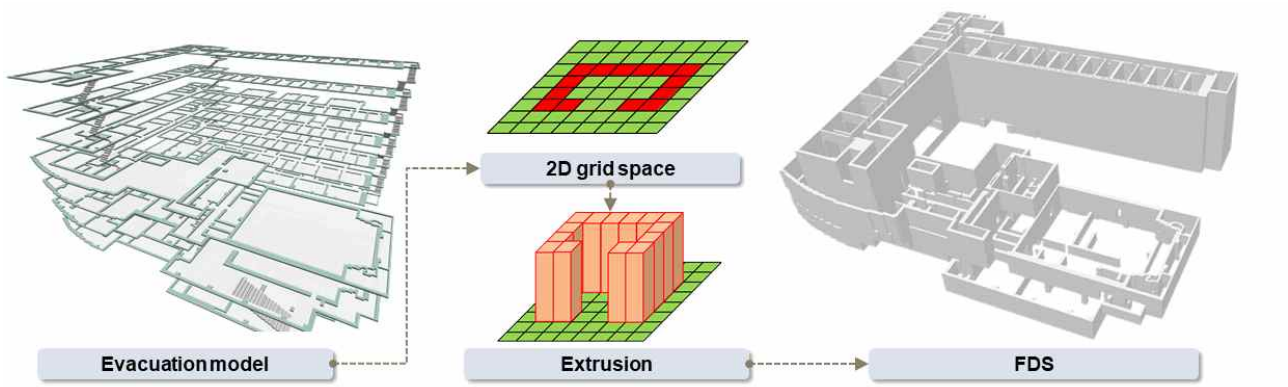


그림 47 대피 모델의 지오메트리르 이용하여 화재 모델의 지오메트리 생성

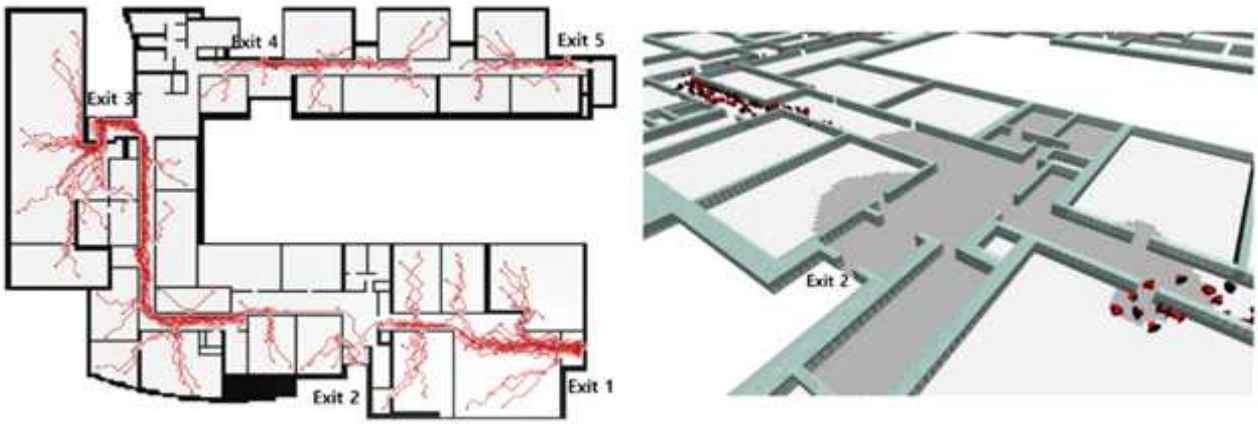


그림 48 개발된 모델에서의 화재 대피 시뮬레이션 예시 및 대피궤적

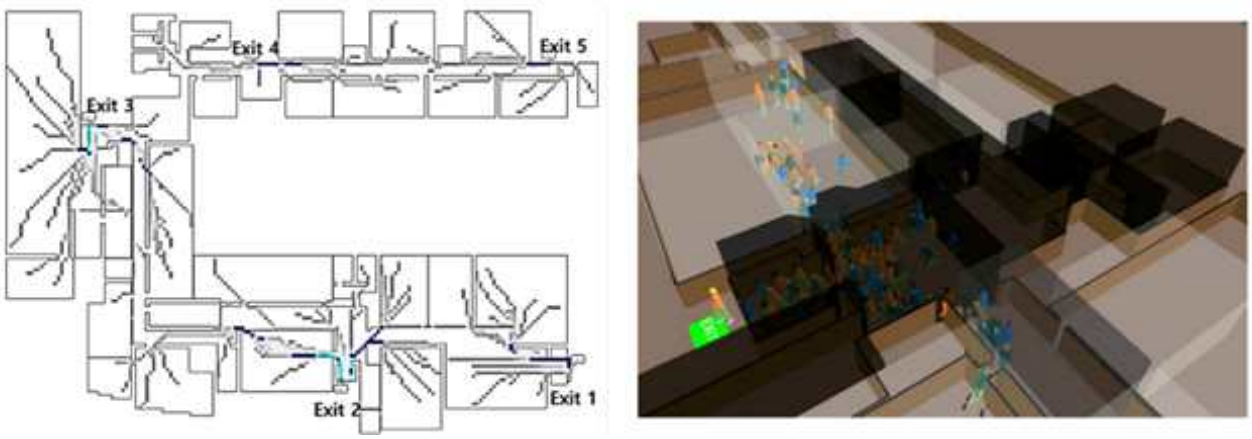


그림 49 상용 SW에서의 화재 대피 시뮬레이션 예시 및 대피궤적

[재난현장의 세부 구역 단위 실시간 재실자 분포 모니터링]

- 소방대원들의 현장대응시간이 지연되는 이유는, 화재 진압에 대한 어려움, 실내 공간 구조에 대한 정보 부족, 그리고 무엇보다 재실인원의 파악이 불가능하기 때문임
- 이에 본 연구진은 재실인원의 분포를 파악하여 소방대원들의 현장대응을 지원하기 위해, 실내 공간을 세부 구역 단위로 분할하고, 각 공간의 출입구에 인원계수 센서를 설치하여 실시간으로 건물 내 재실자 분포를 모니터링함
- 테스트베드는 서울시립대학교 21세기관으로, 해당 건물은 출입구가 7개인 7층 건물로써 두 동으로 분리되어 상호 간에 이동이 불가능한 층들도 존재하는 매우 복잡한 구조에 해당함
- 본 연구진은 적외선과 3D 이미지 방식으로 구성된 총 90개의 인원계수 센서를 계단, 엘리베이터, 출입구 등 세부 공간으로의 이동을 감지할 수 있는 모든 공간에 설치하여 테스트베드의 재실자 분포를 실시간으로 모니터링함
- 센서 데이터는 데이터베이스를 이용하여 관리되고, 재실자 분포는 세부 존 단위로 이벤트(인원의 출입)가 발생할 시 실시간으로 갱신됨



그림 50 3D 센서를 이용한 실시간 인원계수 시스템

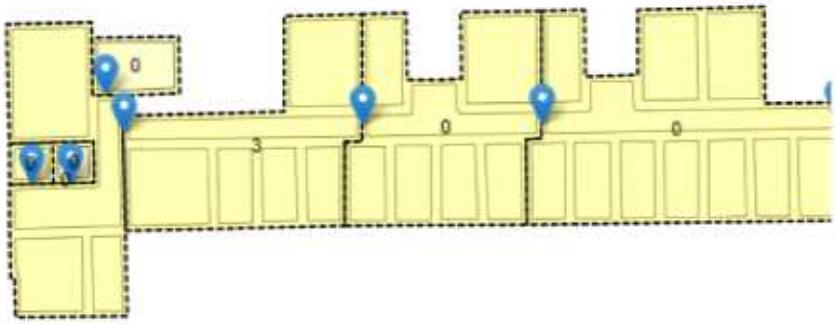


그림 51 존 단위 인원계수

[서울소방재난본부 및 동대문 소방서와의 협력체계를 통한 재난대응솔루션 실증]

- 실내 재난대응솔루션은 재난 현장에서의 실질적 활용을 목표로 하며, 이를 위해 본 연구진은 도시방재 전문기관 및 서울소방재난본부와의 유기적 협력체계를 구축하였음
- 구축한 테스트베드(서울시립대학교 21세기관)를 바탕으로 재난대응솔루션의 실증을 수행할 계획이고, 이를 바탕으로 시뮬레이션 모델의 검증 및 켈리브레이션, 솔루션의 활용성에 대한 현장 전문가 검증을 진행할 계획임
- 테스트베드의 관할 소방서인 동대문 소방서와의 MOU를 체결하였고, 모의 대피 및 소방 훈련을 수행하여 활용 효과 검증 및 기술 개선에 대한 자문 등을 요청할 계획임
- 또한 실증 결과에 대한 언론 홍보를 통해 실내공간정보의 활용과 안전성 제고에 대한 연구결과의 대외홍보도 진행할 예정임
- 다만 코로나19로 인해 대규모 인원을 대상으로 한 솔루션 검증 등의 구체적인 실증 수행에 매우 큰 어려움이 있는 실정임



그림 52 동대문 소방서와의 연구협력 미팅

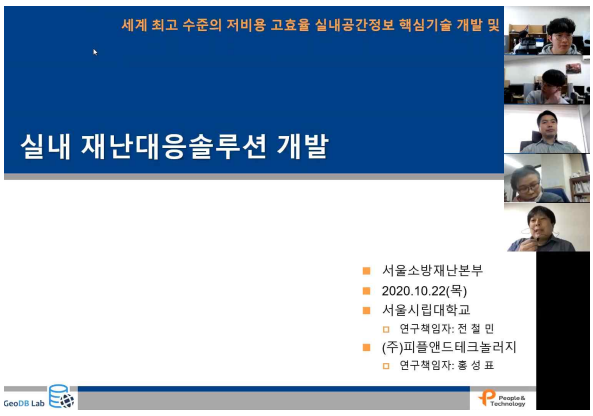
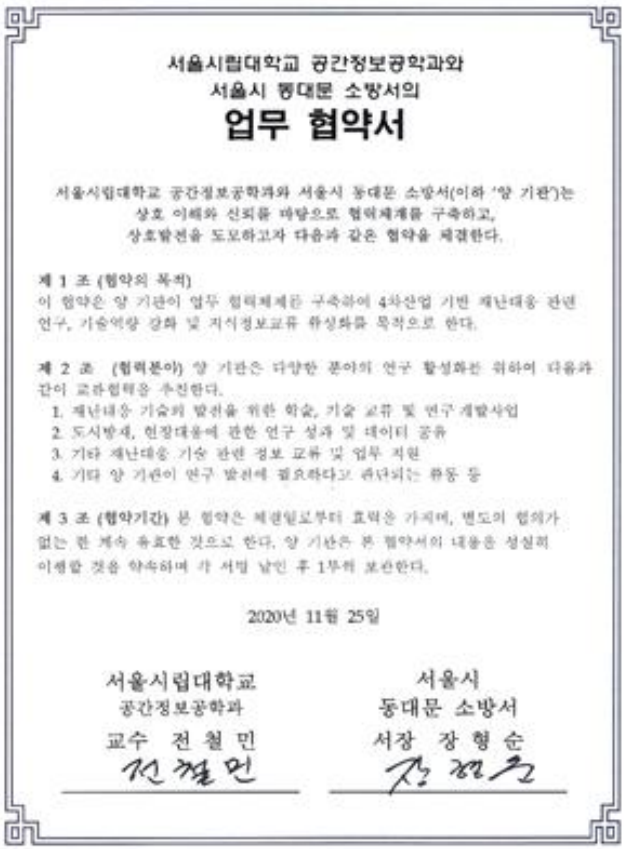


그림 53 서울소방재난본부와의 온라인 화상미팅



서울시립대학교 공간정보공학과와
서울시 동대문 소방서의

업무 협약서

서울시립대학교 공간정보공학과와 서울시 동대문 소방서(이하 "양 기관")는 상호 이해와 신뢰를 바탕으로 협력체계를 구축하고, 상호발전을 도모하고자 다음과 같은 협약을 체결한다.

제 1 조 (협약의 목적)
이 협약은 양 기관이 업무 협력체제를 구축하여 4차산업 기반 재난대응 관련 연구, 기술역량 강화 및 지식정보교류 활성화를 목적으로 한다.

제 2 조 (협력분야) 양 기관은 다양한 분야의 연구 활성화를 위하여 다음과 같이 교류협력을 추진한다.
1. 재난대응 기술의 발전을 위한 학술, 기술 교류 및 연구 개발사업
2. 도시방재, 현장대응에 관한 연구 성과 및 데이터 공유
3. 기타 재난대응 기술 관련 정보 교류 및 업무 지원
4. 기타 양 기관이 연구 발전에 필요하다고 판단되는 활동 등

제 3 조 (협약기간) 본 협약은 체결일로부터 효력을 가지며, 별도의 협의가 없는 한 계속 유효한 것으로 한다. 양 기관은 본 협약서의 내용을 성실히 이행할 것을 약속하며 각 서명 날인 후 1부씩 보관한다.

2020년 11월 25일

서울시립대학교
공간정보공학과
교수 전 철 민

서울시
동대문 소방서
서장 장 형 순

그림 54 동대문 소방서와의 MOU

2) 연구개발 추진체계

1 세부과제	
과제명	저비용 고효율 실내공간정보 구축 및 갱신 핵심기술 개발
협동기관	서울대학교

총 참 여 연 구 원
1세부 협동연구책임자 (유기윤)외 41명

기 관 별 참 여 현 황			
구 분	기관수	인원수	총인원 수
산 업 계	2	23	42
대 학	3	19	
국공립(연)	–	–	
출 연 (연)	–	–	
기 타	–	–	

협 동 연 구 기 관	공 동 연 구 기 관	공 동 연 구 기 관	공 동 연 구 기 관	위 탁 연 구 기 관
서울대학교	고려대학교	㈜신한항업	㈜티랩스	한양대학교
참 여 연 구 원				
협동연구책임자 (유기윤)외 8명	공동연구책임자 (도락주)외 5명	공동연구책임자 (최기열)외 7명	공동연구책임자 (박달호)외 14명	위탁연구책임자 (이성온)외 3명
책임자 외 책임급 1명 원급 7명	책임자 외 책임급 0명 원급 5명	책임자 외 책임급 3명 선임급 3명 원급 1명	책임자 외 책임급 2명 선임급 3명 원급 9명	책임자 외 원급 3명
담당연구개발내용				
과제명: 사용자 참여형 저비용 실내공간정보 구축 및 갱신 기술	과제명: 저비용·고정밀 실내공간정보 구축 및 갱신 기술 개발	과제명: 사용자 참여기반 실내공간정보 DB 구축을 위한 기술 개발 및 뷰어 플러그인 개발	과제명: 저비용·고정밀 실내공간정보 구축 및 갱신 기술 상용화	과제명: 정밀 공간 스캔을 위한 착용형 시스템 개발
– 국가소유 도면데이터 및 민간도면 데이터를 활용, 저비용의 실내공간정보 구축 및 갱신 기술 개발 – 사용자 참여형 환경의 3D 실내공간 뷰어 설계	– 저비용·고정밀 실내공간정보 취득 – 저비용·고정밀 실내공간정보 구축 및 갱신	– 사용자 참여기반 3D 실내공간정보 구축을 위한 벡터라이징 및 Interactive 3D 기술 프로그램 개발 – OLU(OpenLevelUp) 환경의 뷰어 플러그인 개발	– 카메라 융합형 센서 시스템 시작품 제작 – 저비용·고정밀 실내공간정보 구축 기술 상용화	– 실내공간의 정밀하고 효율적인 스캔을 위한 착용형 기구 시스템 설계 및 제작 – 실용성을 고려한 착용형 스캔 시스템의 최적화

2세부과제	
과제명	실내공간정보 활용 지원 기술 개발
협동기관	한국건설기술연구원

총 참 여 연 구 원
2세부 협동연구책임자 (최현상)외 37명

기 관 별 참 여 현 황

구 분	기관수	인원수	총인원 수
산 업 계	2	27	38
대 학	2	9	
국공립(연)	–	–	
출 연 (연)	1	2	
기 타	–	–	

협 동 연 구 기 관	공 동 연 구 기 관	공 동 연 구 기 관	공 동 연 구 기 관	위 탁 연 구 기 관
한국건설기술연구원	서울시립대학교	㈜올포랜드	㈜유엔이	대구대학교 산학협력단
참 여 연 구 원	참 여 연 구 원	참 여 연 구 원	참 여 연 구 원	참 여 연 구 원
협동연구책임자 (최현상)외 1명	공동연구책임자 (이지영)외 5명	공동연구책임자 (황정래)외 19명	공동연구책임자 (여욱현)외 6명	위탁연구책임자 (조성재)외 2명
책임자 외 원급 1명	책임자 외 선임급 3명 원급 2명	책임자 외 책임급 11명 선임급 8명	책임자 외 책임급 1명 선임급 3명 원급 2명	책임자 외 원급 2명
담당연구개발내용	담당연구개발내용	담당연구개발내용	담당연구개발내용	담당연구개발내용
과제명: BIM/CAD 기반 실내공간정보 구축 자동화 기술 개발	과제명: 실내공간정보 표준화 및 실내외 연계 기술 개발	과제명: 실내공간정보 저장 및 관리 지능화 기술 개발	과제명: 실내외 공간정보 토폴로지 및 POI 편집 기술 개발	과제명: 시각장애인을 위한 실내지도서비스 요구사항 분석 및 검증(2)
– BIM 데이터 기반 실내공간보 자동화 기술 고도화 및 실증 – CAD 데이터 기반 실내공간정보 자동화 기술 고도화 및 실증	– 실내공간정보 표준화(데이터 포맷, 모델, POI 등) – 실내외 공간정보 연계 고도화 기술개발	– 실내공간정보 데이터 수준별 경량화 기술 – 수요 서비스별 LOD, 포맷 자동변환 기술 – 실내공간특징을 고려한 클라우드 기반 실내공간정보 관리 지능화 기발	– IndoorGML 통합 모델링 및 편집 기능 고도화 – Sketch Up 공간정보 모델링 IndoorGML 변환 기술 개발 – IndoorGML 표준 검증 기능 고도화	– 시각장애인 실내지도 서비스 요구사항 정의 – InvoiceMap 기능 및 사용자대화 설계 검토 – 서비스 검증 항목 및 방법

3 세부과제	
과제명	실내공간정보 테스트베드 구축 및 실증 개발
협동기관	부산대학교 산학협력단

총 참 여 연 구 원
3세부 협동연구책임자 (이기준)외 46명

기 관 별 참 여 현 황			
구 분	기관수	인원수	총인원 수
산 업 계	3	29	47
대 학	4	18	
국공립(연)	-	-	
출 연 (연)	-	-	
기 타	-	-	

주관 연 구 기 관	공 동 연 구 기 관	공 동 연 구 기 관	공 동 연 구 기 관	공 동 연 구 기 관	위 탁 연 구 기 관	위 탁 연 구 기 관
부산대학교 산학협력단	서울시립대학교	㈜어빌리티시스템즈	㈜피플앤드테크놀러지	가이아쓰리디㈜	UNSW	Deltf 공대
참 여 연 구 원	참 여 연 구 원	참 여 연 구 원	참 여 연 구 원	참 여 연 구 원	참 여 연 구 원	참 여 연 구 원
협동연구책임자 (이기준)외 8명	공동연구책임자 (전철민)외 6명	공동연구책임자 (최인호)외 9명	공동연구책임자(임진순)외 7명	공동연구책임자 (신상희)외 10명	위탁연구책임자 (SiSi)외 명	위탁연구책임자 (Hugo)외 명
책임자 외 책임급 1명 선임급 1명 원급 6	책임자 외 책임급 1명 원급 5명	책임자 외 임원급 1명 수석급 3명 책임급 3명 선임급 1명 원급 1명	책임자 외 책임급 1명 수석급 1명 선임급 1명 원급 4명	책임자 외 임원급 1명 책임급 2명 수석급 3명 선임급 3명 원급 1명	책임자 외	책임자 외
담당연구 개발내용	담당연구 개발내용	담당연구 개발내용	담당연구 개발내용	담당연구 개발내용	담당연구 개발내용	담당연구 개발내용
과제명: 테스트베드 구축, 실증 사업 총괄 및 실내공간분석 도구 개발	과제명: 실내재난 시뮬레이션 모델 개발	과제명: 시각장애인을 위한 실내 음성지도 서비스 개발	과제명: 실내재난대응 솔루션 개발	과제명: OpenIndoor Map 서비스 구축 및 운영	과제명: Methods for identification of free navigable space	과제명: IndooorGML Validator 개발
- 1, 2세부결과물 검증 - 테스트베드 구축 - 실증 사이트 선정 - 테스트베드 및 실증을 위한 요소기술 연계	- 재난대응솔루션에 필요한 보행모델, 열 연기모델, 실내센서 연계 기술 등의 요소 기술 개발	- 시각장애인 음성기반 실내지도 서비스 기능향상 및 관련된 플랫폼 개발	- 재난대응솔루션에 필요한 실시간 인원 분포 모니터링, 열·연기 확산/재실자 이동에 관련된 플랫폼 개발	- OpenIndoorMap의 지속적 서비스를 위한 기반구축	- IndoorGML의 Navigable Space와 Non-Navigable Space를 이용하여 IndoorGML의 네트워크 데이터 생성	- IndooorGML Validator 개발

3) 연구개발 추진 일정

구분	연구과제명 (연구수행기관)	관련 성과목표/지표			세부추진내용 (연구수행 Activity)	Activity별 산출물	소요 연구비 (백만원)	1차년도				2차년도				3차년도				4차년도				5차년도			
		핵심성과	단위성과	질적 성과지표				1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4
1-1 협동	사용자 참여형 저비용 실내공간 정보 구축 및 갱신 기술 (서울대학교)	1	1-1	1-1-①	사용자 참여형 실내공간정보 구축 프로세스 설계	보고서	23																				
				1-1-②	사용자 참여형 실내공간정보 서비스 조사 및 활용기술 분석	보고서	34.6																				
			1-2	1-2-①	벡터라이징을 위한 도면 이미지 전처리 알고리즘	전처리 모듈	107																				
				1-2-②	도면 이미지 벡터화 알고리즘	벡터화 모듈	200																				
			1-3	1-3-①	실내공간 재현을 위한 기하학적 특징 기반의 객체 추출 알고리즘	객체추출 모듈	213																				
				1-3-②	실내공간 구성 요소들의 의미 정보 추출 알고리즘	시맨틱추출 모듈	200																				
			1-4	1-4-①	입실내공간 구성요소의 용도를 고려한 도면의 3D화	프로세스 설계결과	234																				
					실내공간 데이터의 3차원화를 위한 기하학적 요소 기반의 형상 및 의미 정보 구체화	객체 탐지율	117																				
					기계학습 기반 실내공간 정보 구축 및 갱신기술의 효율성 평가	분석 결과	234																				
			1-5	1-5-①	사용자 참여형 실내공간 3D 뷰어에 필요한 요소 기술 설계	요소기술 설계서	334.78																				

구분	연구과제명 (연구 수행기관)	관련 성과목표/지표			세부추진내용 (연구수행 Activity)	Activity별 산출물	소요 연구비 (백만원)	1차년도				2차년도				3차년도				4차년도				5차년도			
		핵심성과	단위성과	질적 성과지표				1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4
1-2 공동	저비용·고정밀 실내공간정보 구축 및 갱신 기술 개발 (고려대학교)	2. 저비용/고정밀 실내공간정보 취득 기초기술 확보	이벤트 카메라-RGB 카메라 간의 캘리브레이션 기술 개발	두 카메라간의 Rot/Tran 추정 알고리즘의 수렴 여부	성능 검증	Rot/Tran 추정치	32.8																				
			저비용/고정밀 실내공간정보 취득 기반 마련	이벤트 카메라 데이터의 실시간 도착 및 에지 추출여부	성능 검증	데이터 취득 타임 딜레이 <50msec	32																				
		2. 정형 형상정보 구축 자동화 기초 구현	단순 형상 에지 추출 기술 개발	Geometric Primitive에 대한 에지 산출 여부	성능 검증	고정밀 에지 추출	120.881																				
			단순 형상 메쉬 작성 기술 개발	Geometric Primitive에 대한 메쉬작성 여부	성능 검증	고정밀 Cube map	120																				
		2. 비정형 형상정보 자동화 모듈	건축부분 비정형 기하요소 구축 자동화	Geometric Primitive로 표현되는 비정형 기하요소 구축 자동화 여부	성능 검증	비정형 에지 추출	267.355																				
			실감 지도 자동 생성 기술과의 융합	기존 실감지도 기법에의 연동여부	성능 검증	실감지도 자동화 개선	300																				
		2. 이동형 센서기반 신호처리 기술	데이터 취득자 이동 노이즈를 포함한 센서 데이터 기반 실감지도 자동 작성 기술 개발	백팩형 시스템으로 인한 노이즈 강인 처리여부 및 실감지도에의 영향 최소화 여부	성능 검증	노이즈 감소	302.514																				
		고속데이터 취득 및 자동 업데이트 기술개발	백팩 센서 데이터를 활용한 실내지도 부분 갱신 기술 개발	벡팩 기반 데이터 취득 및 갱신 기술	성능 검증	높은 정합도	50																				

구분	연구과제명 (연구 수행기관)	관련 성과목표/지표			세부추진내용 (연구수행 Activity)	Activity별 산출물	소요 연구비 (백만원)	1차년도				2차년도				3차년도				4차년도				5차년도			
		핵심성과	단위성과	질적 성과지표				1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4
1-3 공동	사용자 참여기반 실내공간 정보 구축을 위한 기술 개발 및 viewer 플러그인 개발 (신한항업)	3	3-1	3-1-①	사용자 참여기반 기술 자료 조사	분석보고서																					
			3-2	3-2-①	이미지 기반 벡터라이징 전처리 S/W	S/W																					
				3-2-①	ML 기반 벡터라이징 전처리 S/W	S/W																					
			3-3	3-3-①	벡터라이징 및 도면 정재 기능 고도화	S/W																					
				3-3-②	3D 요소 그리기 및 속성																						
				3-3-③	위상정보부여																						
				3-3-④	메타정보부여																						
					GS인증	인증서																					
			3-4	3-4-①	층고 값을 이용한 3차원 모델 구현	S/W																					
				3-4-②	실내공간 구성요소 3차원 오브젝트제작																						
				3-4-③	실내공간 구성요소 특징 속성 부여																						
				3-4-④	JOSM 플러그인 기반 3D 뷰어																						
					외부기관 인증																						
			3-5	3-5-①	OLU기반의 실내공간 3D뷰어 개발	S/W																					
				3-5-②	표준포맷변환기술개발																						
					외부기관 인증	인증서																					

구분	연구과제명 (연구 수행기관)	관련 성과목표/지표			세부추진내용 (연구수행 Activity)	Activity별 산출물	소요 연구비 (백만원)	1차년도				2차년도				3차년도				4차년도				5차년도			
		핵심성과	단위성과	질적 성과지표				1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4
1-4 공동	저비용·고정밀 실내공간 정보 구축 및 갱신 기술 상용화 (티랩스)	이벤트카메라 운영 지원	이벤트 카메라 동작 지원	동작 여부	성능 검증	이벤트카메라 동작	-																				
			이벤트 카메라 실시간성 검증 지원	데이터 취득 타임 딜레이																							
		정형 형상 정보 구축 자동화 지원	단순형상 에지추출 지원	에지추출 여부	성능 검증	단순형상 에지/메쉬	106.2																				
			단순형상 메쉬작성 지원	메쉬작성 여부																							
		상용화를 위한 데이터 구축	안정적 상용화를 위한 Pilot용 테스트 데이터 구축	점군지도 및 영상포함지도의 획득 여부	성능 검증	점군지도 및 영상포함지도	203.0																				
		융합센서 시스템 시작품	통합 시스템 캘리브레이션 모듈	센서간 중심축 일치여부	시작품 제작	통합 시스템 모듈	650.5																				
			통합 시스템 연동 동작 모듈	데이터 취득부터 지도작성까지의 연동여부																							
		상용화 제품	저가 센서를 활용한 상용화 백팩 시스템	H/W 안정동작	사업화 추진	상용화 제품	374.6																				
			상용화 지도작성 서버	서버 안정동작																							

구분	연구과제명 (연구수행기관)	관련 성과목표/지표			세부추진내용 (연구수행 Activity)	Activity별 산출물	소요 연구비 (백만원)	1차년도				2차년도				3차년도				4차년도				5차년도			
		핵심성과	단위성과	질적 성과지표				1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4
협동 (2-1)	BIM/CAD 기반 실내공간정보 구축 자동화 기술 개발 (한국건설기술연구원)	BIM/CAD 기반 실내공간정보 구축 자동화 기술	CAD/BIM 상용 SW기반 실내공간정보 구축 표준프로세스 및 Ruleset 개발	프로세스 설계	자료조사 및 ML 프로세스 개발	SW	80																				
				프로세스 개선	프로세스 개선 및 SW 개발 반영	보고서	60																				
				프로세스 메뉴얼화	구축 표준프로세스 매뉴얼 개발	보고서	65																				
			BIM SW기반 실내공간정보 지원 Plug-In 개발	연계방안 타당성	자료조사 및 연계방안 수립	보고서	45																				
				작업절차표준화	프로세스 설계 및 Ruleset 개발	기술문서	100																				
				기능구현 수준	Plu-In SW 개발 및 기능 개선	SW	200																				
				SW 완성도	태스트베드 적용 및 검증	보고서,SW	56																				
			CAD SW기반 실내공간정보 지원 Plug-In 개발	연계방안 타당성	자료조사 및 연계방안 수립	보고서	45																				
				작업절차표준화	프로세스 설계 및 Ruleset 개발	기술문서	100																				
				기능구현 수준	Plu-In SW 개발 및 기능 개선	SW	220																				
				SW 완성도	태스트베드 적용 및 검증	보고서,SW	50																				
공동 (2-2)	실내공간정보 표준화 및 실내외 공간정보 연계기술 개발 (서울시립대학교)	실내공간정보 표준화	IndoorGML 기반 실내공간데이터모델 (TTA/ OGC 표준안)	기존모델분석	자료조사 및 분석	보고서	34																				
				3차원적 LOD 체계	3차원적 LOD 체계 정립	보고서	35																				
					실내공간 LOD 정의	보고서	30																				
				객체/기하 모델	데이터모델 개발	명세서	46																				
				Indoor POI 데이터모델	CityGML과 연계방안 모색	보고서	14																				
					IndoorGML과 연계방안 모색	보고서	15																				
					데이터모델 개발	명세서	26																				
				TTA 표준안	표준안 제출	표준안	34																				
				OGC 표준안	표준안 제출	표준안	155																				
			IndoorGML 개선	IndoorGML 개선안	모델 수정	보고서	30																				
					기고서 제출	기고서	26																				
				IndoorGML Validator	검증도구 개발 및 개선(KICT 위탁)	SW	80																				
		실내외 공간정보 연계 고도화 기술	공간데이터의 융복합 연계 기술 개발	공간정보 연계기술	공간데이터 연계방안	보고서	40																				
					연계 기술 개발	보고서	60																				
				IndoorGML 확장모듈	데이터모델 개발	기고서	50																				
					검증 및 보완	보고서	30																				
			실내외 공간정보 연계기술 고도화	연계 활용 기술	응용기술 개발	보고서	89																				
					기술개발 보고서 제작	보고서	52																				
				OpenAPI	공간정보 활용 OpenAPI 개발	API	90																				

구분	연구과제명 (연구수행기관)	관련 성과목표/지표			세부추진내용 (연구수행 Activity)	Activity별 산출물	소요 연구비 (백만원)	1차년도				2차년도				3차년도				4차년도				5차년도			
		핵심성과	단위성과	질적 성과지표				1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4
공동 (2-3)	실내공간 정보 저장 및 관리 지능화 기술 (㈜올포랜드)	실내공간저보 관리지능화 요소기술	수준별 경량화 및 서비스별 LOD/데이터 포맷 변환 및 BIM기반 실내공간정보 관리 기술	수준별 경량화 SW 구현 수준	자료조사	보고서	40																				
					소프트웨어 개발	SW	165																				
					성능검증 및 보완	성능검증 보고서	61																				
				서비스별 LOD 및 데이터 포맷변환 SW 기능 구현 수준	자료조사	보고서	79																				
					소프트웨어 개발	SW	556																				
					성능검증 및 보완	성능검증 보고서	255																				
				BIM기반 Data Convertor	프로토타입 시작품 제작	시작품	61																				
					소프트웨어 개발	SW	207																				
					성능검증 및 보완	성능검증 보고서	34																				
		클라우드 기반 실내공간정보 관리서비스 (PaaS)	클라우드 기반 실내공간정보 관리서비스 (PaaS)	클라우드 기반 실내 공간정보 관리 엔진 성능	요구성능 설정	보고서	138																				
					엔진개발	SW	584																				
					테스트베드 적용 및 보완	성능검증 보고서	268																				
공동 (2-4)	실내외 공간정보 토폴로지 및 POI 편집 기술 개발 (㈜유엔이)	실내외 공간정보 토폴로지 및 POI 편집 기술	데이터 연동을 위한 문헌조사 및 연동 계획	문헌조사 보고서	기술조사	보고서	22																				
				연동/연계 방안의 적절성	비교 분석서	분석서																					
			In&out 연동을 위한 Parser 기술 분석	기술조사 분석	기술 분석	분석서	298																				
				IndoorGML 자동생성기 설계	성능검증 및 보완	연구 성과 보고서																					
			IndoorGML 편집 기능 개발 (SW 모듈)	설계 및 기능 구현의 적정성	SW 설계	설계서	357																				
					SW 모듈 개발	보고서																					
			IndoorGML 통합모델링 및 편집 기술 개발	IndoorGML 모델링 기술	SW 설계	설계서	822																				
					SW 기능 모듈 개발	SW																					
				IndoorGML 편집 기술	SW 설계	설계서																					
					SW 기능 모듈 개발	SW																					
			IndoorGML 통합모델링 및 편집 기술 고도화	IndoorGML 모델링 및 편집 툴	SW 개발 및 성능 개선	SW	153																				
				성능 테스트	시스템 성능 테스트 및 보완	보고서																					

구분	연구과제명 (연구 수행기관)	관련 성과목표/지표			세부추진내용 (연구수행 Activity)	Activity별 산출물	소요 연구비 (백만원)	1차년도				2차년도				3차년도				4차년도				5차년도			
		핵심성과	단위성과	질적 성과지표				1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4
주관 3-1	실내공간 정보 테스트베드/실증사이트 선정 및 공간분석 (부산대학교)	(1) 전체시스템 연계	1-1	1-1-①	전체 시스템구조 설계 (설계서)	설계서																					
			1-2	1-2-①	전체 시스템의 인터페이스 설계 (보고서)	보고서																					
				1-2-②	각 요소의 기능 정의(보고서)																						
			1-3	1-3-①	1단계를 위한 1,2 세부 결과물 연계 (시스템)	시스템																					
			1-4	1-4-①	2단계를 위한 1, 2세부 결과물 연계(시스템)	시스템																					
			1-5	1-5-①	4차년도의 1, 2세부 결과물과 3세부 결과물 연계(시스템)	시스템																					
		(2) 테스트베드 기반 구축	2-1	2-1-①	테스트/실증 설계 (설계서)	설계서																					
				2-1-②																							
			2-2	2-2-①	테스트베드의 데이터 구축 (시스템)	시스템																					
				2-2-②	테스트베드의 최소 시스템 인프라 구축 (시스템)																						
			2-3	2-3-①	실증사이트를 위한 시스템/서비스 구축 (시스템)	시스템																					
				2-3-②																							
				2-3-③																							
				2-3-④																							
				2-3-⑤																							
			2-4	2-4-①	테스트베드 및 실증 구축 총괄(시스템)	시스템																					
			2-5	2-5-①	실증/테스트베드 구축 총괄 (시스템)	시스템																					
		(3) 사용자 상황추론 및 실내공간분석 방법론 개발	3-1	3-1-①	실내 단위공간 유형의 분류체계 및 사용자 상황 시나리오 정의 (보고서)	보고서																					
				3-1-②																							
				3-1-③																							
			3-2	3-2-①	스마트폰의 센서와 실내공간 종류를 이용한 사용자 상황추론방법(보고서)	보고서																					
				3-2-②	개발된 방법론 검증 및 개선(보고서)																						
			3-3	3-3-①	실내공간분석 방법론 개발 - 실내공간 분할 방법 개발(보고서)	보고서																					
				3-3-②																							
			3-4	3-4-①	실내공간 분할 기준 정의 및 도구 개발 (2개 이상의 유형)(SW)	보고서																					
				3-4-②																							
			3-5	3-5-①	실내공간 분할 기준 정의 및 도구를 확장 (5개 이상의	보고서																					

구분	연구과제명 (연구 수행기관)	관련 성과목표/지표			세부추진내용 (연구수행 Activity)	Activity별 산출물	소요 연구비 (백만원)	1차년도				2차년도				3차년도				4차년도				5차년도			
		핵심성과	단위성과	질적 성과지표				1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4
					유형)(SW)																						
공동 3-2	(4) 실내재난 시뮬레이션 모델 개발 (서울시립대학교)	화재 시뮬레이션 모델 분석	화재 시뮬레이션 모델 분석 (보고서)	오픈소스 화재 모델의 활용방안 도출	국내 · 외 화재 모델 분석 및 보고서 작성	국내학술발표: 1건 인력양성: 석사1명	32																				
		강화학습 기반 화재 대피 시뮬레이션 기술	강화학습 기반 보행모델 학습기 (SW)	보행모델의 완성도	강화학습 기반 보행모델 프로토타입 개발	국내논문: 1건 국외학술발표: 1건 국내학술발표: 2건 S/W등록: 1건 인력양성: 석사1명 국내특허출원: 1건	39																				
			화재 대피 시뮬레이션 기술 (보고서)	시뮬레이션 결과의 합리성 및 현실성	FDS와 FFM을 연계한 화재 대피 시뮬레이션 기법 개발		58.5																				
		실내재난 시뮬레이션 모델	IndoorGML을 활용한 대피 시뮬레이션 기법 개발	시뮬레이션 결과의 합리성 및 현장활용도	IndoorGML과 FDS를 연계한 확장된 FFM 및 강화학습 기반 보행모델 개발	국외학술대회: 1건 국내논문: 2건 국내학술발표: 2건 인력양성: 석사1명	170																				
			실시간 재실자 분포 모니터링 기법 개발	인원계수 센서 네트워크 및 모니터링 DB 구축	실시간 재실자 분포 모니터링 DB																						
		OGC 표준 기반 재난대응 서버	대피 시뮬레이션 API	API 명세서 및 표준 준수여부	Moving Features 기반 대피 시뮬레이션 API 개발	국외학술지 : 1건 국외학술대회 : 1건 국내논문 : 2건 국내학술발표 : 2건 인력양성 : 석사1명	182.5																				
			실시간 재실자 분포 모니터링 API	API 명세서 및 표준 준수여부	SensorThings 기반 실시간 재실자 분포 모니터링 API (시스템)																						
		화재 대응 실증 실험	재난대응솔루션 현장 적용 실증 실험	현장 적용 가능성	재난대응솔루션 시범운영을 통한 활용성 검토 및 고도화	국내학술지: 1건 국외학술발표: 1건 국내학술발표: 2건 기술이전: 1건 국내특허출원: 1건																					
공동 3-3	(5) 시각장애인 음성기반 실내지도 서비스 (코디 스페이스(주))	5-1 시각장애인 음성기반 실내지도 서비스	5-1-1 기능사양 정의	5-1-1-①	시각 장애인 요구사항 분석	기술문서	54																				
				5-1-1-②	IndoorGML과 연동 기능 분석																						
				5-1-1-③	서비스 기능 정의서 작성																						
			5-1-2 시제품 개발	5-1-2-①	서비스 설계(설계서)	설계서	184																				
				5-1-2-②	플랫폼 서버 프로그램 개발(S/W)	서버 S/W																					
				5-1-2-③	서비스 테스트앱 개발(S/W)	테스트앱 S/W																					
			5-1-3 시범서비스 개발 및 테스트베드 적용	5-1-3-①	시각장애인 참여로 서비스 보안	보안명세서	77																				
				5-1-3-②	측위정확도 향상 (위치와 방향)	외부기관 시험서	50																				
				5-1-3-③	시범 서비스 스마트폰 APP 개발(Mobile)	외부기관 시험서	100																				
				5-1-3-④	테스트베드에 시범 서비스 구축	시범 서비스	100																				
공동 3-7	(5) 시각장애인 음성기반 실내지도 서비스	5-1 시각장애인 음성기반 실내지도 서비스	5-1-4 실제 테스트베드 사이트에 서비스	5-1-4-①	실내측위 정확도 향상	테스트 보고서	144																				
				5-1-4-②	실내 측위 구축 개선	테스트 보고서	95																				
				5-1-4-③	음성 안내 개선	테스트 보고서	74																				

구분	연구과제명 (연구 수행기관)	관련 성과목표/지표			세부추진내용 (연구수행 Activity)	Activity별 산출물	소요 연구비 (백만원)	1차년도				2차년도				3차년도				4차년도				5차년도			
		핵심성과	단위성과	질적 성과지표				1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4
	((주)어빌리티시스템즈)		적용	5-1-4-④	스마트폰 App 개선	테스트 보고서	119																				
				5-1-4-⑤	테스트베드에 서비스(v.1.0) 시작	서비스 확인서	71																				
			5-1-5 상용화 버전 개발 및 서비스 장소 확대	5-1-5-①	v.2.0 App 개발 (S/W)	외부기관 시험서	88																				
				5-1-5-②	v.2.0 플랫폼 서버 개발 (S/W)	외부기관 시험서	69																				
				5-1-5-③	서비스 플랫폼 OPEN	외부기관 시험서	58																				
				5-1-5-④	서비스 장소 확대	서비스 확인서	120																				
공동 3-4	(6) 실내재난대응 솔루션 개발 (㈜마늘랩)	재난대응 요소기술 개발	재난대응 요소기술 및 시스템 설계	요소기술 및 구조설계 적절성	수요기관 요구사항 분석 및 개발 방법론, 시스템 설계서 작성	설계서	51																				
			재난대응 맞춤형 편집도구 개발	데이터 편집 기능의 재난대응 실용성	소방설비 등 실내공간 데이터 및 속성 편집도구 개발	SW: 1건	29.7																				
			실내공간 시각화 및 대피시뮬레이션을 위한 뷰어 개발	편집도구 데이터 변환의 무오류성 및 실효성	실내공간정보 Viewer 개발 및 Viewer 내에 인원감지 연계 기능 개발	시제품: 1건	118.6																				
			인원감지 모니터링 및 재난 대피 데이터 모델을 이용한 화재대피 시뮬레이션 시스템 개발	시뮬레이션 안정성 및 모니터링 정확성	화재대피 시뮬레이터 및 센서와 연계한 인원감지 모니터링 기능 개발	SW: 2건	233.8																				
공동 3-5	(7) OpenIndoorMap 서비스 구축 및 운영(가이아쓰리디)	7	7-1	7-1-①	OpenStreetMap의 시스템 운영 현황 조사	보고서	20.4																				
				7-1-②	OpenStreetMap의 시스템 구조 및 기능적 설계	설계서	30.6																				
			7-2	7-2-①	OIM(OpenIndoorMap) 서버의 구축	시스템	20.725																				
				7-2-②	CityGML, IndoorGML -> gLTF 변환기능 개발	S/W	41.45																				
				7-2-③	클라이언트 가시화 기능	S/W	31.0875																				
				7-2-④	IndoorGML의 Network Path를 이용한 Browsing 지원도구 개발	S/W	31.0875																				
				7-2-⑤	OIM 시범 서비스 시작:	시스템	82.9																				

구분	연구과제명 (연구 수행기관)	관련 성과목표/지표			세부추진내용 (연구수행 Activity)	Activity별 산출물	소요 연구비 (백만원)	1차년도				2차년도				3차년도				4차년도				5차년도			
		핵심성과	단위성과	질적 성과지표				1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4
					시범 실내공간지도를 확보																						
			7-3	7-3-①	타 세부 생성 자료 기반 서비스 시작	시스템	190.2																				
				7-3-②	실증 사이트를 중심으로 서비스 지역 확대	시스템	126.8																				
			7-4	7-4-①	OpenIndoorMap 서비스 개선	S/W	223.5																				
				7-4-②	실내공간정보 제공을 위한 Open API 제공	설계서	335.25																				
			7-5	7-5-①	OpenIndoorMap의 서비스 통계기능 추가	S/W	72.48																				
				7-5-②	지속적 운영을 위한 인프라구조의 사양정의 및 설계	설계서	169.12																				
공동 3-6	(6) 실내재난대응 솔루션 개발 ㈜피플앤드테크놀러지	재난대응 통합 솔루션 개발 및 고도화	요소기술(뷰어, 센서 모니터링, 시뮬레이터) 통합 재난대응 시스템 초기버전 개발	시스템 안정성	테스트베드 내 센서 네트워크 구축 및 실시간 재실자 분포 모니터링 시범운영	시제품: 1건	100.2																				
			연동 테스트 및 재난대응 솔루션 고도화	재실자 정보 및 시뮬레이션 기능의 정확도	센서 네트워크 연동 테스트 및 재실자 모니터링 정확도 개선, CityGML/IndoorGML 연계 및 화재 시뮬레이션 테스트를 통한 솔루션 고도화	SW: 1건 시제품: 1건	201.2																				
			멀티플랫폼 확장 개발(모바일, 태블릿, PC 버전 등)	다양한 디바이스 적용성	모바일, 태블릿, PC 버전 등 멀티플랫폼 확장	SW: 1건 시제품: 1건	301.8																				
			구조활동 지원 기능 개선 및 테스트베드 실증 실험 결과를 반영한 요소기술 개선	현장 활용 및 사업화 가능성	모바일 디바이스를 이용한 구조활동 지원 기능의 추가요구사항 도출 및 개선, 테스트베드 실증 실험 결과를 반영한 요소기술 개선, 사업화 방안 검토	시제품: 1건 상용화: 1건 성과홍보: 1건	335																				

3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도

1) 연구수행 결과

(1) 정성적 연구개발성과

(가) 1-1 협동 (서울대학교 산학협력단)

연구 범위	연구 수행 방법(이론적·실험적 접근방법)	구체적인 내용
• 실내공간 데이터의 3차원화를 위한 기하학적 요소 기반의 형상 및 의미 정보 구체화	• 평면도이미지에 대한 ML기반 실내도면 이미지 자동벡터화 방법론 개발 - 도면 세그먼테이션을 수행하는 딥러닝 모듈 개발 - 딥러닝 기반의 이미지 처리결과를 이용한 벡터라이징 모듈 개발	• 대규모 공간을 표현하는 건물로 구성된 도면 데이터셋의 구축 - 서울대 도면 데이터셋의 정제. 건물 요소들 간의 정합성 향상 및 건물 외부의 노이즈를 제거 - 시립대 1개 동의 7장 도면에 대한 레스터 및 벡터 정답 데이터셋 구축 • 도면 세그먼테이션을 수행하는 딥러닝 모듈 - 다양한 사이즈의 도면이 DL에 입력 가능해지고, 해상도 손실로 인한 정보 손실을 방지하기 위한 패치분할 알고리즘 도입 - 축적을 자동으로 탐지 후 패치로 분할 후, 각 패치에 세그먼테이션을 진행 - 벽체를 포함한 건물 객체들을 동시에 탐지하여 객체 간 정합성을 향상 - 공간의 폐합에 큰 영향을 미치는 클레스에 대해 가중치를 높게주는 weighted loss를 활용 • 딥러닝 기반의 이미지 처리결과를 이용한 벡터라이징 개선 - 세선화 기반의 선형 객체 검출을 적용하여 곡선 및 직선의 벽체를 포함한 건물의 성능 개선 - 문의 컨투어 폴리곤을 활용한 코너 검출로 전체 도면 면적 대비 면적이 작은 문의 검출 성능 개선 - 실내 객체 간 그래프를 활용한 폐합 알고리즘을 개발하여 폴리곤화에 핵심적인 역할을 하는 실내 객체간 연결 정합도 및 정확도 개선
• 사용자 참여형 3D 실내공간 뷰어 설계	• 사용자 참여형 3D 실내공간 뷰어 설계 - 실내공간 구성요소의 용도를 고려한 도면의 3D화 - OSM 기능 분석을 통한 OLU(Open Level Up)과 같은 오픈소스를 통해 구축한 실내공간 3D데이터 뷰잉을 위한 필요기능 도출 및 설계 - 실제 사용자 테스트 진행을 통한 개발된 JOSM 플러그인의 적합도 평가 - 도면 이미지를 기반으로 구축한 실내공간 기하, 의미 정보와 IndoorGML등의 표준포맷으로의 유연한 변환을 위한 기준(프로세스) 설계	• 실내공간 구성요소의 용도를 고려한 도면의 3D화 - 실내공간 벡터 데이터의 Extrusion을 위한 층고 테이블 설계 및 데이터 구축 - 사용자 선택 기반의 실내공간 구성요소의 Extrusion 프로세스 설계 • OSM 기능 분석을 통한 OLU(Open Level Up)과 같은 오픈소스를 통해 구축한 실내공간 3D데이터 뷰잉을 위한 필요기능 도출 및 설계 - '객체 템플릿 변경' 기능, 입체화 조회 기능, 층별 조회 기능, 레이어 별 조회 기능을 설계 - 사용자가 편의에 따라 3차원 공간객체를 층별, 객체별로 다양한 각도에서 뷰잉할 수 있도록 설계 • 실제 사용자 테스트 진행을 통한 개발된 JOSM 플러그인의 적합도 평가 - 도면전문가 및 비전문가 각각 5명에게 JOSM 플러그인 사용자테스트를 진행하고 이를 분석함 - 분석결과 사용자들이 기능적인 측면보다는 UI적인 측면에 불편을 느꼈음 - 사용자들이 불편함을 보고한 17개의 개선사항이 반영됨

		• 도면 이미지를 기반으로 구축한 실내공간 기하, 의미 정보와 IndoorGML등의 표준포맷으로의 유연한 변환을 위한 기준(프로세스) 설계 - 도면기반 자동화 벡터화모듈에서 생성된 데이터는 indoor space classification 정보(Semantic information)를 포함하므로 IndoorGML core module 뿐 아니라 navigation extension을 함께 적용하여 IndoorGML로 변환 - 유효한 IndoorGML 파일로 변환하기 위해, 자동화 모듈을 통해 구축한 기하와 속성에 대한 변환 기준을 마련 - Geometry validation을 통한 Surface와 Shell의 orientation과 Surface with holes의 표현 방법 정의 - ML 모듈 결과 OSM 파일 내 중복된 노드 제거 후 Way 재정렬과 객체별 태그 변환

[1차 연도]

- 사용자 참여형 실내공간정보 연구 개발 프로세스 설계

실내공간구축 단계별 기법	처리 프로세스
실내 도면 이미지의 정보 입력 단순화 기법 개발	건물과 도면 이미지 매칭 → 새로운 건물 폴리곤 생성 → 불필요 정보 제거 → 도면 크기 조절 및 회전
실내 도면 이미지의 벡터라이징 기법 개발	그리드결정 → 단순객체 탐지 → 단순객체 인식 → 복잡객체 탐지 → 복잡객체 인식
실내 공간의 벡터데이터 3차원 변환 기법 개발	벡터 객체 속성 분류 → 속성별 높이 부여 → 특수 높이 부여
실내 공간의 Interactive modeling 기법 개발	각 공간 분류 → 실내공간 객체 속성 정의 → 디자인 요소 추가 (컬러링과 배치 조정) → 좌표부여 → 표준 포맷 변환 → 데이터 출력

그림 55 실내공간구축을 위한 단계별 프로세스 설계

[2차 연도]

- ML기반 도면 이미지 전처리 기법 개발

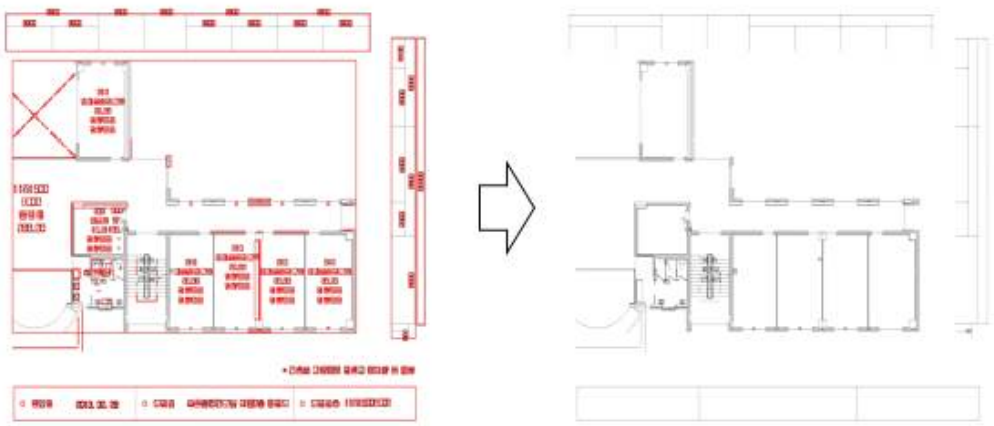


그림 56 도면의 텍스트 분리를 통한 전처리 예시

- ML기반 도면 이미지 벡터화 기법 개발
  - 모듈1: ML을 활용하여 추출한 모서리 정보를 기반으로 기하 구조 구현

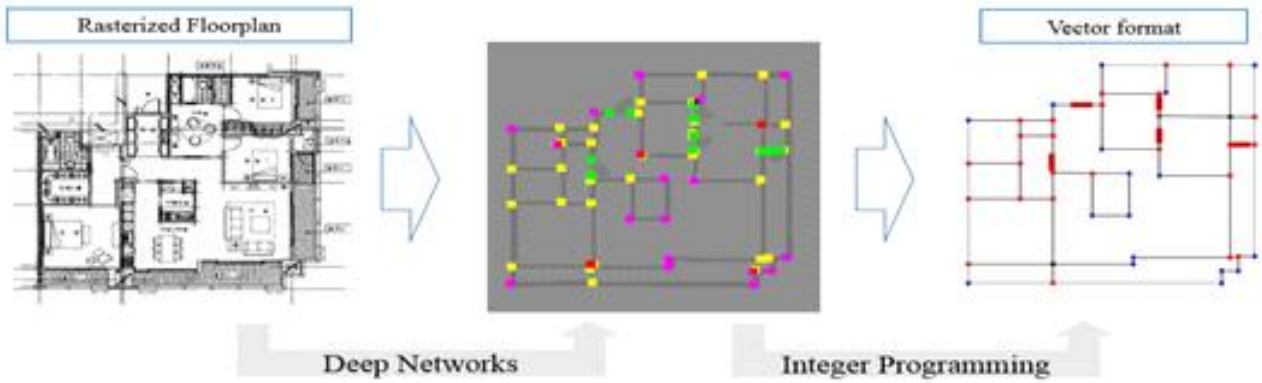


그림 57 도면 이미지 벡터화 모듈1의 프로세스 예시

  - 모듈2: ML을 활용하여 벽체와 문의 세그먼테이션을 수행 후, 벡터화를 수행하여 기하 구조 구현

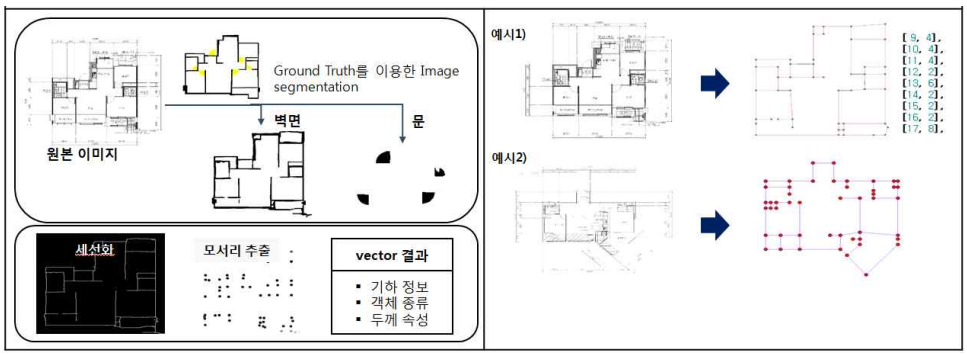
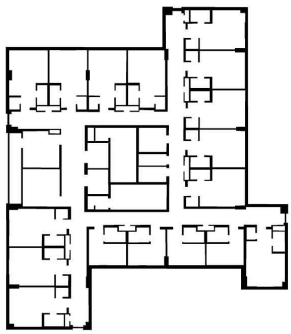
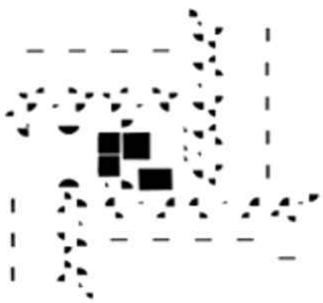


그림 58 도면 이미지 벡터화 모듈2의 프로세스 예시

[3차 연도]

- 데이터 라벨링을 통한 서울대학교 건물군 대상 학습데이터 생성

원본이미지	라벨링된 벽체 데이터	라벨링된 객체 데이터
 그림 59	 그림 60	 그림 61

- 도면 기하정보 추출을 위한 딥 네트워크 설계
  - 벽체 세그먼테이션을 위한 ResNet50 기반의 딥 네트워크 설계
  - Feature Pyramid Network 와 ResNet101 을 기반으로 하는 Mask R-CNN 모델을 이용하여 실내도면 내의 기하학적 요소(문, 창문, 엘리베이터, 계단)를 추출하는 모델을 구축

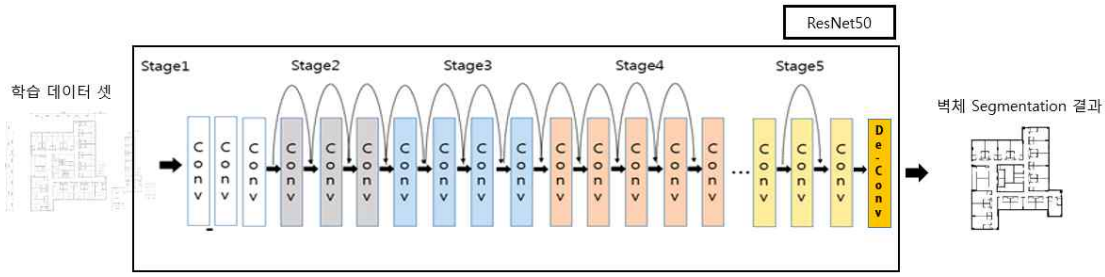


그림 62 벽체 딥 네트워크 프로세스

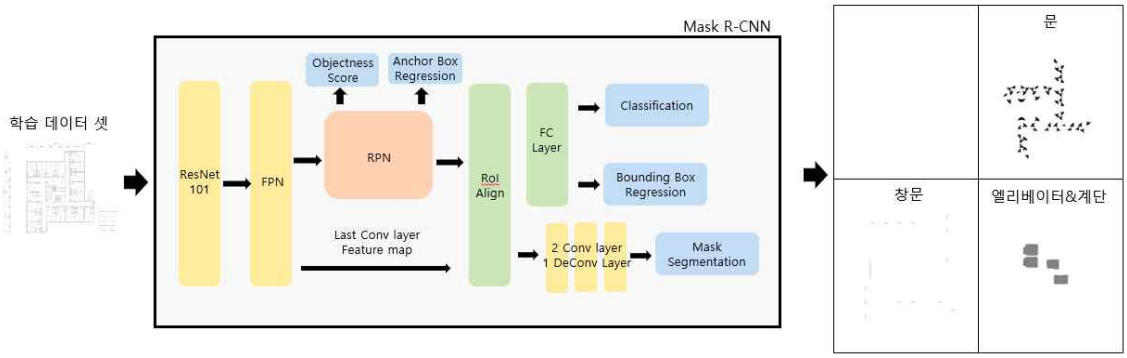


그림 63 객체의 딥 네트워크 프로세스

- 딥러닝 기반의 이미지 처리결과를 이용한 벡터라이징
  - 세선화 및 모서리 검출 알고리즘을 적용하여 문과 창문의 벡터라이징 프로세스 개발
  - 엘리베이터와 계단의 RoI 픽셀 좌표 값을 이용하여 MBR 생성을 통한 연결시설물 벡터라이징

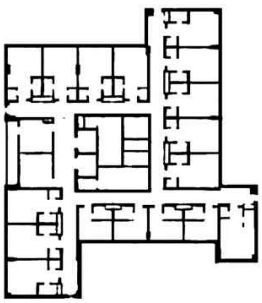


그림 65

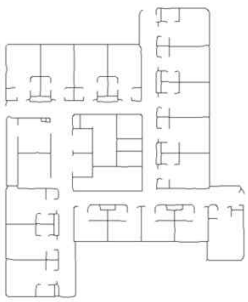


그림 66



그림 67

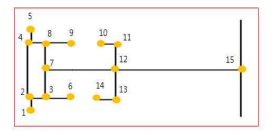


그림 68

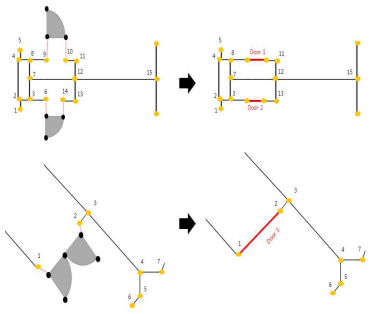


그림 70 ML을 통해 추출된 문

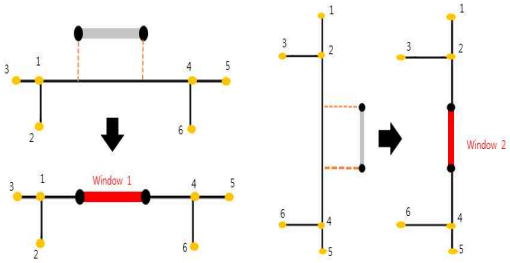


그림 71 창문 세그먼트의 선형 벡터화 프로세스

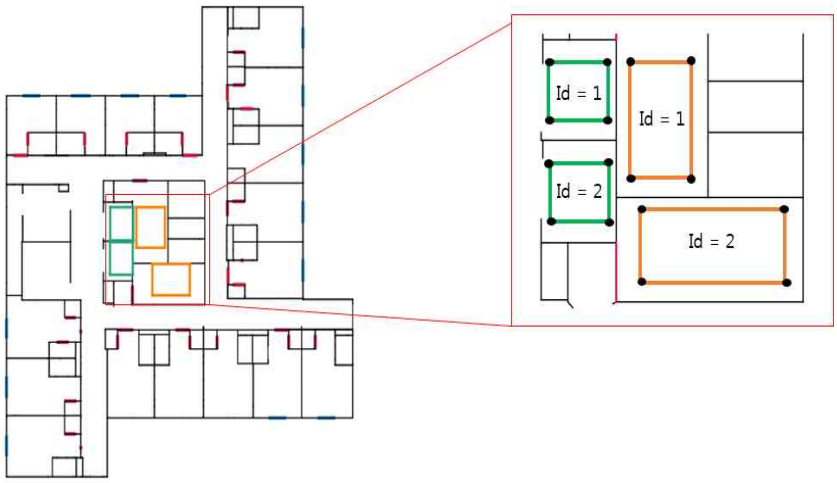


그림 72 연결성 객체들의 BPR 생성 결과(예시)

- 3D 모델링을 위한 실명정보 기반 DL 결과물 벡터의 공간화 프로세스 제안

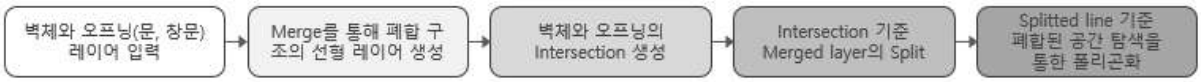


그림. 공간화 프로세스

- 도면 이미지 내 텍스트 추출 및 공간단위와의 매칭을 통한 기능적 공간 정의

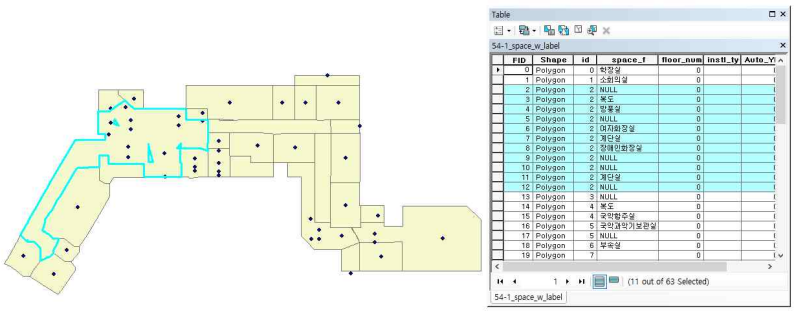


그림. 기능적 공간 정의 결과(예시)

- 공간 세분화 대상 영역 탐지 및 기존 기하정보를 고려한 세분화
  - space syntex 분석을 통해 연결공간(분할 대상) 추출 후 시멘틱 정보(텍스트)와 토폴로지 정보(연결성) 기반 공간 분할 알고리즘 제안
- 층별 최외곽 형상(Floor shape) 매칭 및 연결 시설물 매칭 기반의 층별 데이터 정렬
  - 하나의 건물을 구성하는 서로 다른 층의 최외곽 형태(Floor shape)가 유사할 경우, 연속하는 변의 길이 비의 함수를 이용한 최외곽 형상의 point-to-point 매칭 기법 제안
  - 층별 최외곽 형상이 다른 경우에 대해서는 연결 시설물 기반 Dissimilarity(DSI) index 적용을 통한 층별 데이터 정렬

[4차 연도]

- 실내공간 구성요소의 용도를 고려한 도면의 3D화

표 50. 2차원 실내공간 데이터의 extrusion용 층고테이블 설계서

순번	컬럼명 (영어)	컬럼명 (한글)	형식	크기	비고
1	BUL_TYPE	건물 유형	int	5	PK 총62가지건물용도별유형정의
2	AVG_HEIGHT	층고	int	10	유형 별 평균 층고값
3	DESC	용도	str	20	

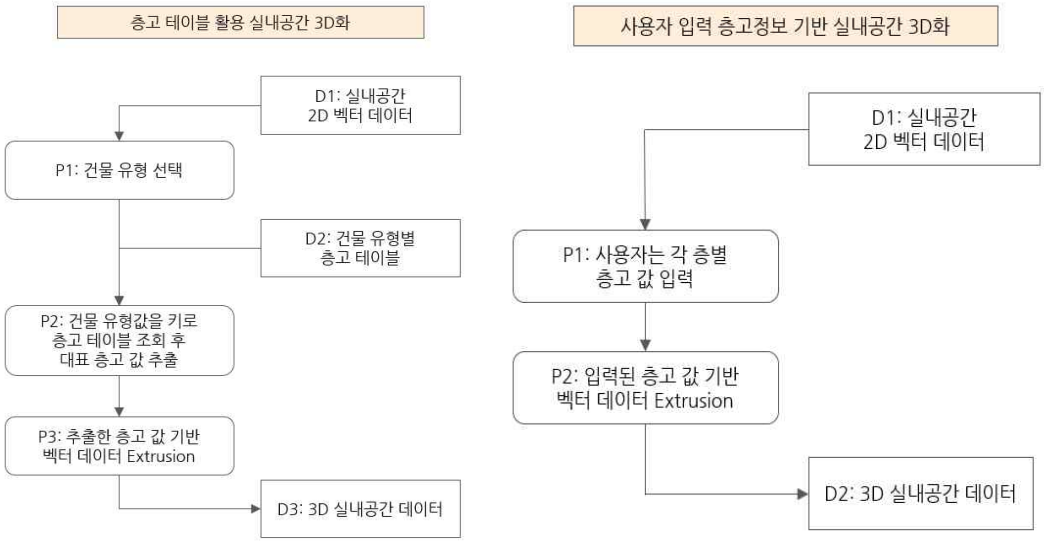


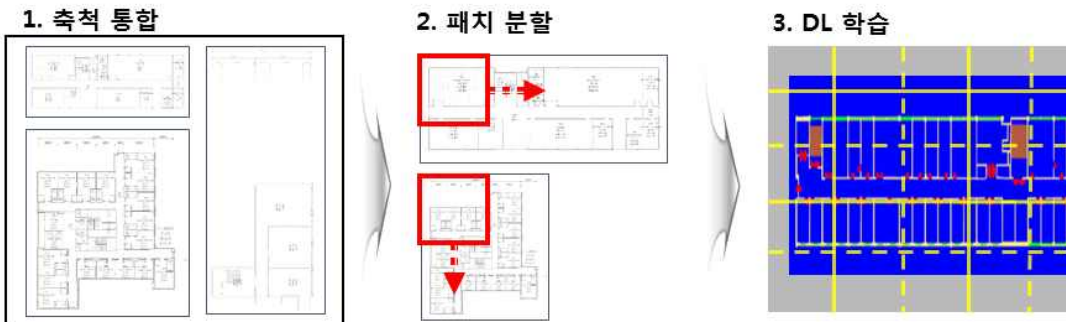
그림. 사용자 선택기반의 프로세스 설계

- 대규모 공간을 표현하는 건물로 구성된 도면 데이터셋의 구축



<원본> <레스터 라벨> <벡터 라벨>

- 도면 세그먼테이션을 수행하는 딥러닝 모듈의 개선 (3차년도 DL 모듈의 개선)



<기존 DL 모듈 대비 개선점>

- 딥러닝 기반의 이미지 처리결과를 이용한 벡터라이징 개선

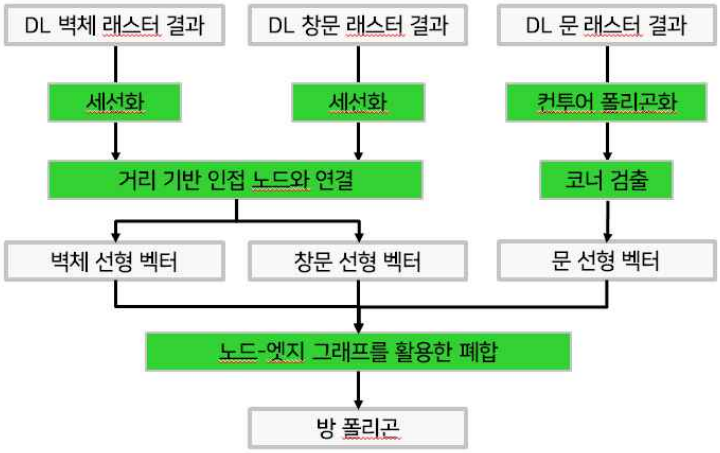
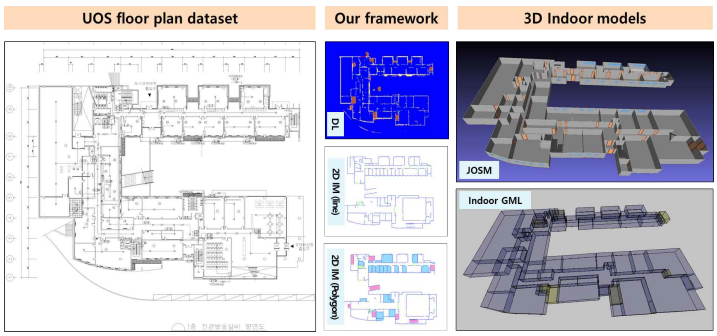


그림. 선형 객체의 벡터라이징 프로세스

- 서울 시립대학교 21세기관을 대상으로 테스트베드 진행 및 검증



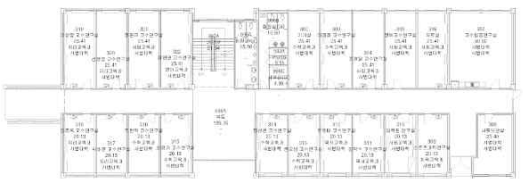
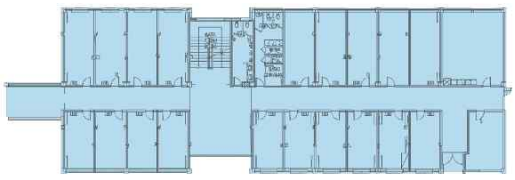
[그림] 서울 시립대학교 21세기관 대상 분석결과



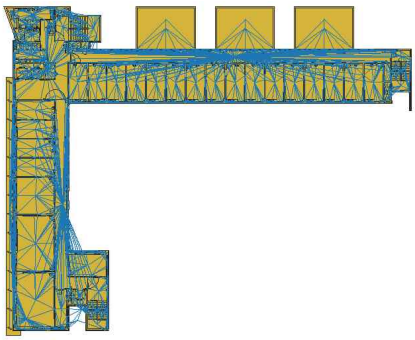
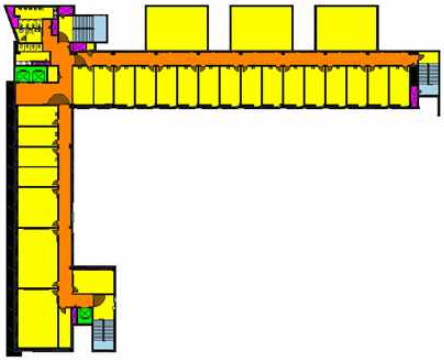
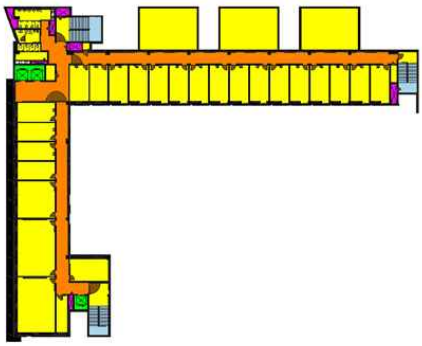
[그림] 3D 기하정보 유효성검사:val3dity 검증

- 서울 시립대학교 21세기관을 대상으로 개발된 알고리즘을 적용한 결과 80% 이상의 segmetation 결과를 보였으며, 폴리곤화 과정에서 코너 등의 일부 수동편집 수행 이후 JSOM과 IndoorGML 등의 3D 기하정보가 원활히 완성되는 것을 확인 할 수 있었음
- 스키마의 검증은 TUDelft에서 개발된 val3dity를 이용함. 이는 XML로 작성된 3D 기하정보의 유효성 검사를 위해 개발된 소프트웨어로서, 최근 Indoor희 중심모듈의 검증 기능이 추가됨
- 유효성 검사 결과, primitives 정보가 모두 유효(valid)한 것으로 나타났으며, 전체 유효성 검사 중 유효하지 않은 두 가지 코드는 데이터 내의 Primal Spaces와 링크된 Dual정보의 부재로 인한 것으로 기하정보 구축 단계에서는 수용 가능한 것으로 나타남

- 추가 알고리즘 개발 : 이미지 세그먼트와 폴리곤 오버레이를 통한 도면 객체 분류 알고리즘 제안

도면이미지	폴리곤화
	
ML을 통한 분류	후처리를 통해 생성된 정제된 폴리곤 형태 도면
	

- 추가 알고리즘 개발 : 그래프 기반 도면 객체 분류

수동 전처리 & 원본 도면 이미지	벡터화 & 지역 인접 그래프 결과
	
예측 결과	라벨된 정답 데이터
	

- 실내공간 의미정보 강화를 위한 접근성 지수(Accessibility index) 설계

Feature	Factors	Equation for one criterion	Equation for feature
Corridor	hallway width	$(C_1/1200)*3$	$C=\sum_{i=1}^{6} C_i$
	turning width	$(C_2/1220)$	
	running slope	$(0.05/C_3)*3$	
	cross slope	$(0.0208/C_4)$	
	vertical level change	$(6.4/C_5)$	
	beveled level change	$(13/C_6)$	
Doorway	width	$(D_1/900)*3$	$D=\sum_{i=1}^{4} D_i$
	front distance	$(D_2/2100)*3$	
	parallel distance	$(D_3/600)$	
	door sill	$(13/D_4)*3$	
Elevator	width	$(E_1/1600)*2$	$E=\sum_{i=1}^{4} E_i$
	depth	$(E_2/1350)*2$	
	passing width	$(E_3/800)*2$	
	smaller dimension of front space	$(E_4/1400)*2$	
Stairway	with wheelchair lift	$(1-S_1)$	$S=\sum_{i=1}^{2} S_i$
	with ramp	$(1-S_2)$	
Room	smaller dimension of room	$(R_1/1200)*3$	$R=\sum_{i=1}^{2} R_i$
	is raised spot on the floor	$(1-R_2)*2$	

- 기계학습 기반 실내공간 정보 구축 및 갱신기술의 효율성 평가

비고	수동편집 기반	딥러닝 자동화 기반
장점	- 편집자의 목적에 따라 실내공간 정보의 정교한 구축이 가능 (딥러닝 자동화 기반은 벽체, 문, 계	- 대량의 도면 이미지에 적용시, 수동편집 방식에 비해 시간적, 금전적 비용절감 효과가 큼 *시간적 비용절감: 완성된 자동화 모델에 도면 이미지를

	단, 엘리베이터 등의 주요 건물 요소만을 추출) - 소량의 도면 이미지를 대상으로 실내공간정보 구축하기에 적합	업로드 하였을 때 최대 5초 내에 결과물 생성 *금전적 비용절감: 도면학습을 위한 초기비용 외에 실내 공간정보 1단위 추가 생산당 비용이 0에 가까움 - 학습된 단일 모델을 기반으로 결과가 출력되므로 균질한 수준의 실내공간 정보가 구축됨 - 개발된 자동화기술은 오픈소스 기반으로 구축되었으며, 향후 대시민 서비스로 제공 가능함(전문가 및 일반 사용자 참여형 실내공간 구축 서비스 제공이 가능)
단점	- 높은 시간적, 금전적 비용 (특히, 대량의 도면에 적용시 높은 비용 발생) - 편집자에 따라 실내공간정보 추출 퀄리티 및 편집 특성이 균일하지 않음	- 벽체, 문, 창문, 계단, 엘리베이터 등의 주요 건물요소만 추출 가능 - 딥러닝 네트워크 학습을 위한 초기 비용이 큼 (다양한 도면의 수집, 라벨링 작업, 딥러닝 알고리즘 개선 등)



[그림] 개발 기술에 대한 평가 프로세스

		수동	자동	차이
완성도	기술개발단계	3.54	3.13	-0.41
	기술의완결성	3.37	3.15	-0.22
	상업화가능성	2.94	4.11	1.17
차별성	신규성	2.22	3.98	1.76
	독창성	2.35	3.70	1.35
	효율성	2.50	4.02	1.52
대체가능성	유사기술존재가능성	3.76	3.06	-0.70
	신기술출현가능성	3.56	3.35	-0.20
수요/공급측면	기술수요자측면	3.22	3.93	0.70
	기술공급자측면	3.17	2.65	-0.52
			높을수록 우수한 기술	
			낮을수록 우수한 기술	

		수동	자동	차이(절대값)
차별성	신규성	2.22	3.98	1.76
차별성	효율성	2.50	4.02	1.52
차별성	독창성	2.35	3.70	1.35
완성도	상업화가능성	2.94	4.11	1.17
대체가능성	유사기술존재가능성	3.76	3.06	0.70
수요/공급측면	기술수요자측면	3.22	3.93	0.70
수요/공급측면	기술공급자측면	3.17	2.65	0.52
완성도	기술개발단계	3.54	3.13	0.41
완성도	기술의완결성	3.37	3.15	0.22
대체가능성	신기술출현가능성	3.56	3.35	0.20
	100점 기준으로 환산	61.26	70.15	8.89

[그림] 효율성 평가 결과

- 도면 자동 변환 기술의 우수성
  - 도면 자동변환 기술의 경우, 기존 해외의 연구들에서 딥러닝 학습에 유리한 비교적 간단한 주택 스케일의 도면을 대상으로 진행한 것과 달리 실내 네비게이션 등 활용성을 고려하여 복잡하고 규모가 큰 서울대학교 및 시립대학교를 대상으로 기존 외국의 선행연구들에서 보였던 성능과 유사한 수준을 보임
  - 해당 연구개발에 대한 내용은 SCI급 논문(3편), 특허출원 (1건)을 통해 출판됨
  - 또한, 국내 대형포털에서 제공되는 실내지도의 경우 수동편집 방식을 통해 2D 형태의 실내지도를 제공하고 있고 대부분 주요 POI 위치정보를 제공하는 서비스를 중심으로 제공됨. 반면, 본 연구개발 기술은 딥러닝 기반으로 자동, 반자동 형태로 벡터화된 2D 및 3D 실내공간정보를 제공하여 기하정보, 위치정보 등을 보다 입체감 있는 삼차원의 형태로 제공할 수 있으며, 무엇보다 실내 네이게이션 등을 고려한 형태임. 본 연구개발 기술은 IndoorGML, OSM등 기타 3D 실내공간정보 포맷과 호환이 가능하여 추후 용도에 따른 활용성이 높음

[5차 연도]

[OSM 기능 분석을 통한 OLU(Open Level Up)과 같은 오픈소스를 통해 구축한 실내공간 3D데이터 뷰잉을 위한 필요기능 도출 및 설계]

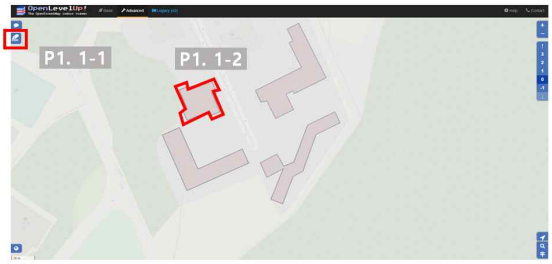
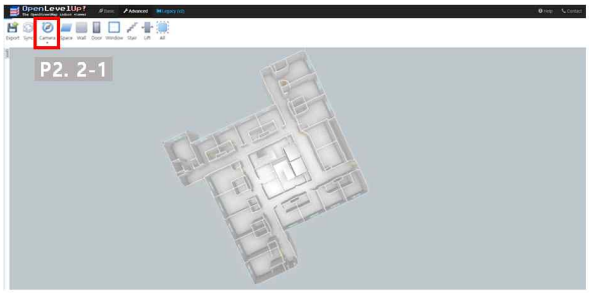
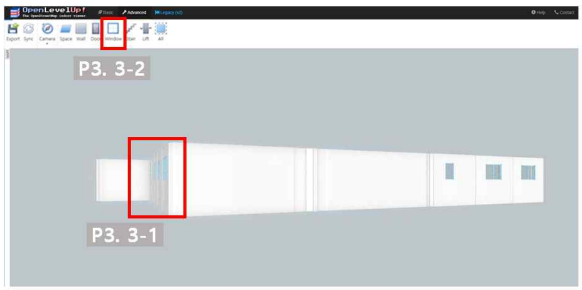
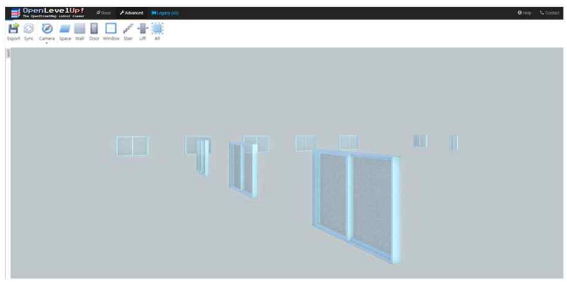
- OLU기반 뷰어와 신한항업 개발 3D 뷰어 비교 분석
  - OLU기반 뷰어 (OLU Basic과 OLU Advanced)와 신한항업의 3D 뷰어에서 제공하는 기능 비교내용을 표

로 정리

- OLU 뷰어의 경우 실내공간정보 조회 목적, 신한항업 3D 뷰어의 경우 구축 데이터의 3차원 형상 관찰 목적임. 즉, 각 뷰어의 목적이 다르기 때문에 제공 기능 측면에서 차이가 존재함.

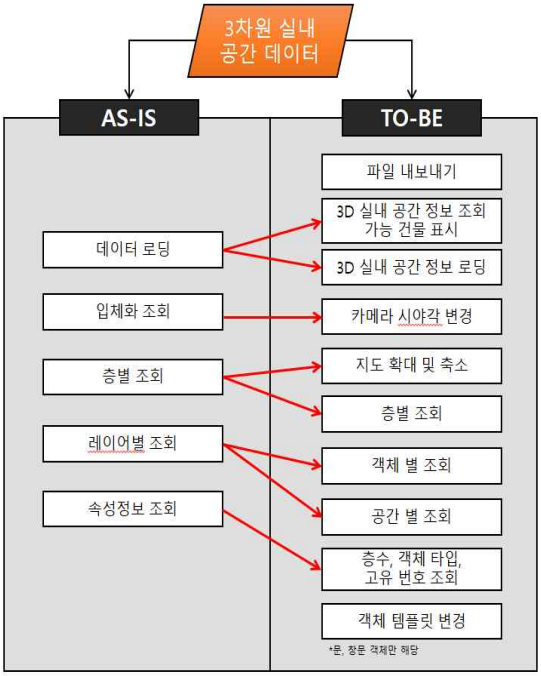
기능	OLU Basic	OLU Advanced	신한항업 3D 뷰어
사용자 개인 설정 기능	X	0	0
건물 정보 층별 조회 기능	0	0	0
장소 키워드 기반 실내 공간 정보 검색 기능	0	0	X
지도 확대/축소 기능	0	0	0
실내 공간 정보 추가 기능	X	0	X
의견 추가 기능	0	0	X
길 찾기 기능	X	X	X
객체 별 템플릿 변경 기능	X	X	0
파일 내보내기 기능	X	X	0
속성정보 조회	0	0	0

- OLU기반 JOSM 3D 뷰어 플러그인 화면 설계

- OLU의 JOSM 플러그인 중 3D 뷰어 플러그인을 선택(P1. 1-1)하고 실내 공간정보를 확인하기 원하는 건물을 설정(P1. 1-2)하여 데이터 로딩 실행	- 카메라 시야각 중 'Left' 를 선택(P2. 2-1)
	
- 좌측면의 창문에 마우스 커서를 올려놓고 마우스 휠을 사용하여 확대(P3. 3-1)한 후 실내 공간 객체 중 창문 객체만 선택(P3. 3-2)하여 창문 이외의 객체는 실내 지도에서 임시 삭제	- 창문 객체 선택 후 화면 - 선택된 창문 객체만 뷰어상 표현되는 것을 확인할 수 있음
	

- 소결
  - 2차년도 계획했던 3D 뷰어의 기능 (좌측)과 현재 구축된 3D 뷰어의 기능 (우측) AS-IS TO-BE 표로 도식화 함
  - 확인 결과, 현재 개발된 신한항업의 3D 뷰어는 기존 계획했던 기능을 모두 포함하고 있으며 '객체 템플릿 변경'기능이 추가됨
  - 기존에 기획했던 입체화 조회 기능과 매칭되는 카메라 시야각 옵션은 위, 아래, 동, 서, 남, 북 총 6개의 방향을 제공함
  - 층별 조회 기능을 통해 사용자가 원하는 층만 가시화할 수 있을 뿐만 아니라, 여러 층을 겹겹이 쌓아 건물 전체의 3D 뷰잉이 가능함
  - 기존 계획했던 레이어 별 조회 기능은 현재 객체와 공간 레이어로 나뉘어 각각의 객체 (벽, 창문, 문)과 공간 (엘리베이터, 계단, 방)로 구성되어 있으며, 객체 레이어와 공간 레이어의 선택적 가시화가 가능함. 예를 들어, 방 레이어와 문 레이어만 시각화하는 것이 가능하며 특정 레이어만 가시화하는 것 또한 가능함

[실제 사용자 테스트 진행을 통한 개발된 JOSM 플러그인의 적합도 평가]



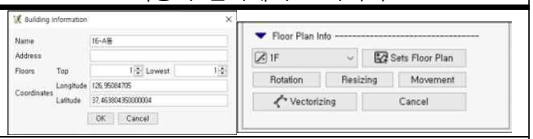
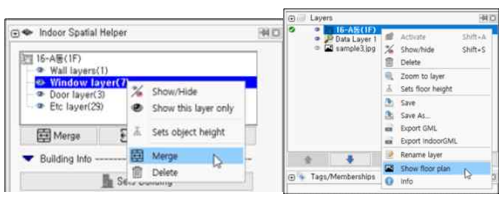
- 연구개요
  - 본 연구목적은 서울대에서 개발한 ML기반 도면 벡터화를 사용자들이 쉽게 사용할 수 있도록 신한항업에서 개발한 JOSM 플러그인의 사용자 인터페이스를 개선하는 것을 목적으로 하며 이를 통해 사용자들이 더욱 쉽고 간편하게 이용할 수 있게 함
  - 평가인원 및 대상자는 10명이며, 도면 벡터화 관련 전문가 5명과 도면관련 비전문가 5명으로 구성하였음. 도면 벡터화 관련 전문가는 도면 벡터화와 관련된 업무기간이 1년 이상인 종사자로 정의함
  - 평가기간은 2021년 1월13일부터 2월 2일까지 20일간 진행함
  - 평가방법은 참여자에게 해당 플러그인에서 수행할 태스크를 주고 진행자는 참여자의 행동과 반응을 기록함. 태스크 수행 후에는 설문지 기입을 부탁함
  - 평가 기준으로는 제이콥 닐슨이 제안한 사용성 요인 5개를 채택함

<사용성 요인과 이를 측정하기 위한 매트릭>

	성과기반 매트릭	**이슈기반 매트릭**	**자가기록 매트릭**
학습 용이성	○		○
사용 능률성	○		○
기억 용이성	○		○
적은 오류		○	○
만족도			○

- 분석결과
  - 모든 분석 결과는 사용자들이 작업지시서를 따라 태스크들을 수행한 행동에 따라 도출됨. 작업지시서는 신한항업이 작성한 JOSM Indoor-spatial-helper Plugin의 사용자 매뉴얼에 기반하여 만들어짐
  - 작업지시서는 태스크1(도면 이미지 전처리 및 벡터라이징), 태스크2(오브젝트 레이어 관리 및 벡터레이어 관리), 태스크3(3D 뷰어)로 나누어 서술됨. 그 세부적인 사항은 아래의 표와 같음

<작업지시서를 위한 태스크 분류>

No.	큰 태스크	세부 태스크	기능의 인터페이스 이미지
태스크1	도면 이미지 전처리 및 벡터라이징	작업할 osm의 벡터건물선택 평면도 이미지 불러오기 및 수정 osm의 벡터건물과 평면도 이미지 매칭 기계학습 기반 벡터라이징	
태스크2	오브젝트 레이어 관리 및 벡터레이어 관리	오브젝트 레이어 on/off 오브젝트 레이어 병합 오브젝트 레이어 삭제 오브젝트의 레이어 변경 오브젝트 레이어 높이설정 벡터레이어 건물유형 선택 벡터레이어 이동 및 활성화 벡터레이어 높이 설정 벡터레이어 표준 실내포맷으로 내보내기 벡터레이어 삭제	
태스크3	3차원 뷰어	층 선택, 오브젝트 시각화, 시점변경 표준 3차원 포맷으로 내보내기	

- 분석은 ①성과기반 매트릭(①-①태스크 성공여부, ①-②태스크 수행시간, ①-③태스크 반복시간), ②이슈기반 매트릭, ③자가기록 매트릭 순서로 이루어짐

①-① 성과기반 매트릭 : 태스크 성공여부

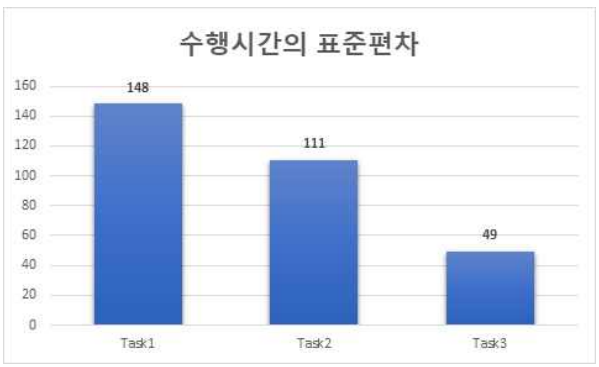
- 성과기반 매트릭 중 태스크 성공 여부의 성공기준은 참여자가 태스크 진행 중 진행자에게 도움이나 힌트를 받았는지에 따라 정의하였음. 즉, 태스크 완료까지 도움을 받았으면 실패, 도움을 받지 않았으면 성공임

<태스크 성공 여부>

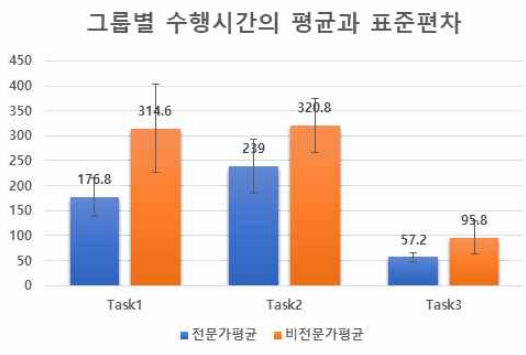
No.	큰 태스크	세부 태스크	전문가 집단 성공확률(%)	비전문가 집단 성공확률(%)	차이
태스크1	이미지 전처리 및 벡터라이징	작업할 osm의 벡터건물선택	**90**	100	0
		평면도 이미지 불러오기 및 수정	100	100	X
		osm의 벡터건물과 평면도 이미지 매칭	100	100	X
		기계학습 기반 벡터라이징	**90**	100	0
태스크2	오브젝트 레이어 관리 및 벡터레이어 관리	오브젝트 레이어 on/off	100	100	X
		오브젝트 레이어 병합	100	100	X
		오브젝트 레이어 삭제	100	100	X
		오브젝트의 레이어 변경	100	100	X
		오브젝트 레이어 높이설정	100	100	X
		벡터레이어 건물유형 선택	100	100	X
		벡터레이어 이동 및 활성화	**90**	**90**	X
		벡터레이어 높이 설정	**90**	100	0
		벡터레이어 표준실내포맷으로 내보내기	100	100	X
		벡터레이어 삭제	100	100	X
태스크3	3차원 뷰어	층 선택, 오브젝트 시각화, 시점변경	100	100	X
		표준3차원포맷으로 내보내기	100	100	X

- 위의 표를 보면 태스크1,2에서 실패가 발생하고 태스크3에서는 발생하지 않음. 이를 통해 태스크3와 관련된 UI나 기능은 상대적으로 사용자들에게 어렵지 않은 것으로 유추할 수 있음
- 전문가 집단과 비전문가 집단의 전체 태스크에 대한 성공확률은 각각 97.5%와 99%임. 두 집단 모두 성공확률이 높은 편이나 전문가 집단의 성공확률이 조금 낮음. 그 이유는 전문가들이 자주 사용하는 도면 벡터화 툴들과는 다른 생소한 인터페이스의 배치가 원인일 수 있다고 판단됨
- 실패한 세부 태스크들을 살펴보면 건물 벡터와 관련된 태스크들이 많음. 개선 시 이와 관련된 기능과 인터페이스를 개선하면 효과적일 것으로 예상됨

①-② 성과기반 매트릭 : 태스크 수행시간



<성과기반 매트릭 중 전체 참여자의 태스크별 수행시간 표준편차>



<성과기반 매트릭 중 그룹별 수행시간 결과>

- 성과기반 매트릭 중 시간은 태스크 별로 사용자가 태스크를 완료하는 시간을 측정함
- 수행시간의 표준편차는 태스크1이 가장 컸으며 사용자 간 기능 사용에 대한 시간의 편차가 크므로 가장 많은 이슈가 생길 수 있다고 판단됨. 특히 태스크1 중 '작업할 osm의 벡터건물선택'인 세부태스크에서 표준편차가 가장 컸으므로 이 기능을 더 쉽게 사용할 수 있도록 개선이 필요함
- 전문가 집단과 비전문가 집단을 비교할 때, 두 집단의 수행시간의 평균과 표준편차가 약 1.5배에서 2배 가량 차이가 났음. 이는 비전문가들이 도면 벡터화에 대한 생소함 때문일 수 있음

- 실제 서비스를 시작하면 사용자의 비중에 비전문가들이 더 많을 것으로 예상되기에 플러그인에 포함된 도면 벡터화의 용어를 비전문가들도 쉽게 이해할 수 있도록 변환할 필요성이 있음

①-③ 성과기반 매트릭 : 태스크 반복시간



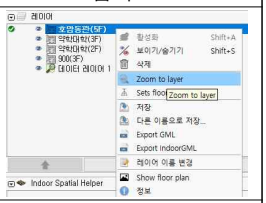
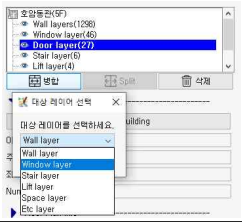
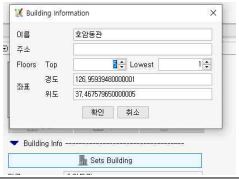
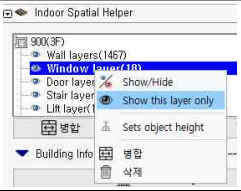
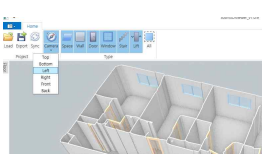
	시도횟수1 (초)	시도횟수2 (초)
Task1_전문가	177	72
Task2_전문가	239	59
Task3_전문가	57	14
Task1_비전문가	315	99
Task2_비전문가	321	70
Task3_비전문가	96	17

<성과기반 매트릭 중 태스크 반복시간 결과>

- 성과기반 매트릭 중 태스크 반복시간은 참여자가 짧은 기간 동안 태스크를 2번 반복하고 이에 대한 참여자의 수행시간 차이를 측정하는 것. 이를 통해 참여자가 플러그인의 사용 방법을 익히기 전과 후의 차이를 관찰할 수 있음
- 그래프에서 눈에 띄는 것 중에 하나는 태스크들의 시간변화의 기울기가 가장 크다는 것. 전체적인 태스크들의 감소율이 74%로 나타났음. 이는 처음 기능을 찾을 때 시간 소요가 많이 있었기 때문이며 본 플러그인이 사용자 친화적이지 않은 UI일 수 있음을 암시함
- 또한 태스크2의 기울기가 가장 큰 것으로 미루어 판단했을 때 이 기능들에 대한 UI를 개선한다면 효과적일 것으로 예상됨
- 전문가 집단과 비전문가 집단을 비교하였을 때, 첫 번째 시도에는 두 집단 간의 수행시간 평균의 차이가 컸으나 두 번째 시도에는 그 차이가 크게 줄어든 것을 알 수 있음. 비전문가도 전문가만큼 쉽게 익숙해질 수 있는 기능들이라고 해석할 수 있으며 인터페이스가 개선된다면 좋은 플러그인이 될 수 있을 것이라 판단됨

② 이슈기반 매트릭

<이슈기반 매트릭 결과>

No.	이슈 내용	Count	캡처
이슈 4	zoom to layer(이 레이어로 이동)를 사용하지 않고 마우스로 이동시키는 경우	4	
이슈 3	다른 레이어에 병합하는 경우	3	
이슈 1	지상과 지하를 반대로 입력하는 경우	2	
이슈 2	show this layer only(현재 레이어만 보기)가 아닌 다른 방법으로 수행하는 경우	2	
이슈 5	왼쪽측면뷰로 시점을 전환할 때 마우스로 이동시키는 경우	2	

- 이슈기반 매트릭에서 이슈는 다음의 다섯 가지 기준으로 정의하였음. 태스크를 완료할 수 있는 최적의 기능을 사용하지 않는 것, 혼동을 일으키는 것, 눈에 띄어야만 하는데 보이지 않는 것, 태스크를 잘못되게 완료하도록 야기하는 것, 완료되지 않은 태스크가 완료되었다고 여기는 것
- 이와 같은 기준에 따라 베타테스트 때 발생할 수 있을 만한 이슈 5개를 선정하였고 실제 테스트 때 이를 카운트함
- 이슈 4가 가장 많은 빈도로 관측됨. 이슈 4와 5는 시점에 관련된 유사한 내용임. 다른 벡터화 S/W들과 유사하게 UI를 변경하면 개선이 가능할 것이라 판단됨
- 이슈 1은 Top, Lowest라는 영어 표현이 층에 관련된 단어라고 인식되지 않기 때문에 나타난 문제라고 판단됨. '층, 지상,

지하’라는 한글식 표현으로 명확하게 표현하면 해결될 이슈일듯함

- 이슈 2는 show this layer only(현재 레이어만 보기) 대신 3D뷰어처럼 show all 아이콘을 두어서 할 수 있는 것이 더 직관적일 듯함
- 이슈 3는 사용자들이 병합과정에서 병합할 레이어를 다중 선택(shift)하고 병합을 하려다 실수하는 경우가 대다수였음. 즉, 병합 레이어의 from과 to의 구분이 필요함을 알 수 있음

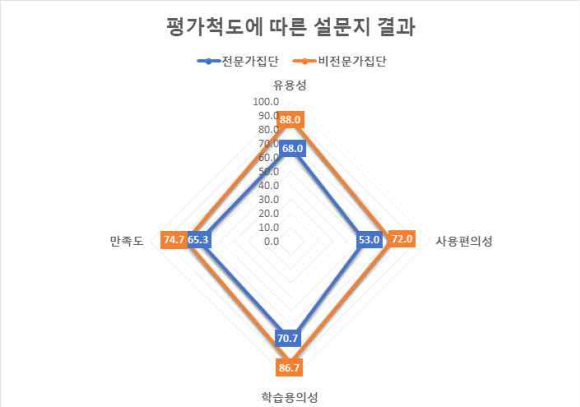
③ 자가기록 매트릭

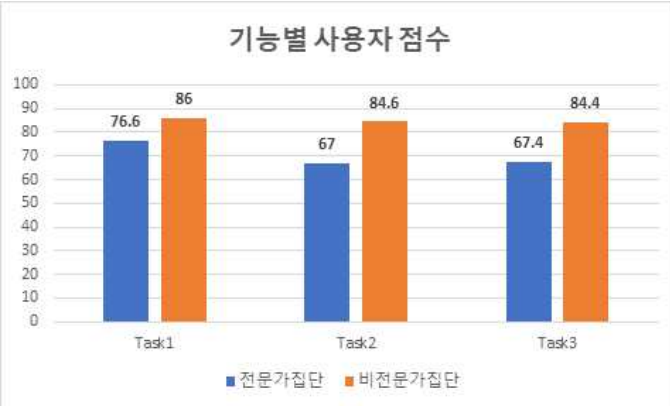
자가 기록 매트릭은 설문지를 통해 분석됨. 설문지는 유용성, 만족도, 사용편의성, 학습용이성이라는 네 개의 카테고리로 나누었고 이를 사용자가 평가할 수 있도록 총 13개의 문장으로 조작화함

<자가기반 매트릭 설문지 항목>

평가	
유용성	도면 벡터화 작업을 더 쉽게 이룰 수 있게 해준다.
	도면벡터화 작업에 필요한 것들이 다 있다.
	이 플러그인이 유용하다.
사용편의성	원하는 것을 이루는 데 가능한 최소한의 단계만을 요구한다.
	사용자 매뉴얼을 보지 않고도 사용할 수 있다.
	실수를 빠르고 쉽게 복구할 수 있다.
	사용자 매뉴얼이 친절하다.
학습용의성	사용하는 법을 빨리 배웠다.
	사용하는 법을 쉽게 기억할 수 있다.
	오랜만에 다시 사용하여도 쉽게 사용할 수 있을 것 같다.
만족도	지인에게 추천하고자 한다.
	원한 방식대로 동작한다.
	사용하기에 즐겁다.

- 각각의 문장은 ‘이 플러그인을 지인에게 추천할 것이다.’와 같이 긍정적인 문장으로 구성함
- 매우 동의한다’~ ‘매우 동의하지 않는다’로 이루어진 5점 리커트 척도를 통해 사용자의 동의 수준을 평가하였으며 분석시에는 이를 100점 만점으로 변환하였음





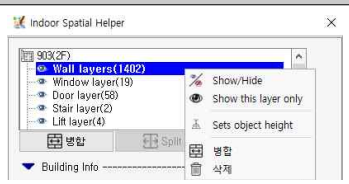
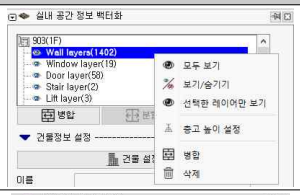
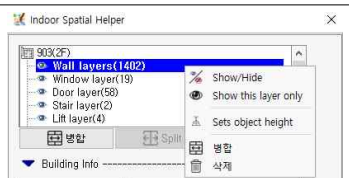
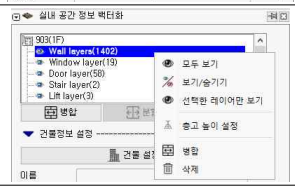
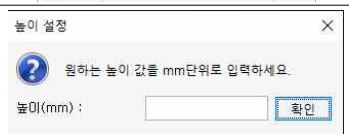
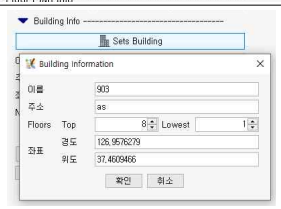
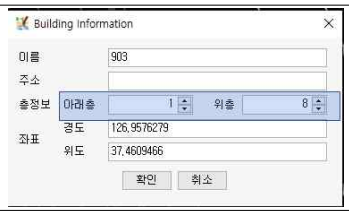
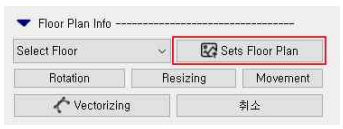
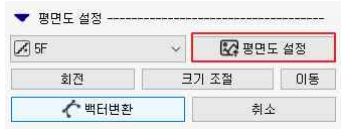
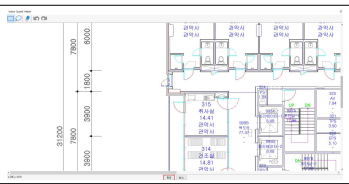
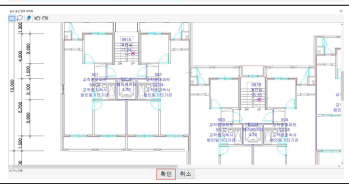
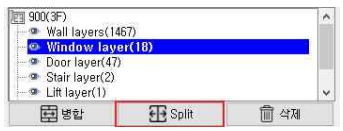
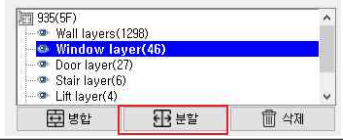
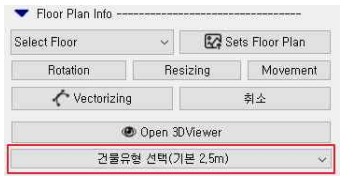
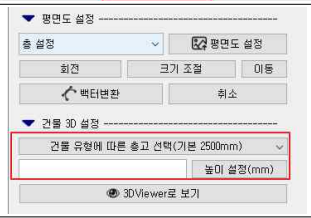
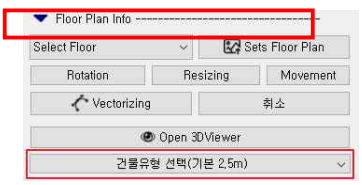
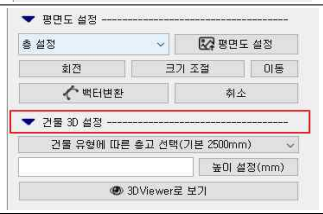
<자가기반 매트릭 설문지 결과>

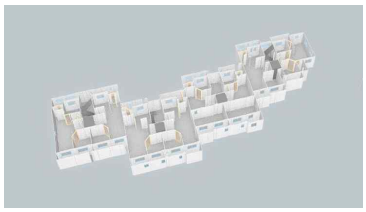
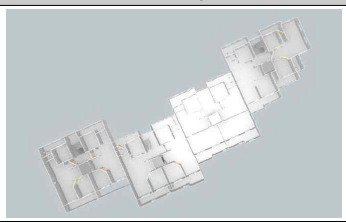
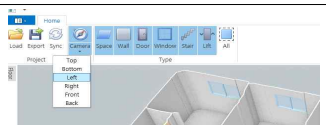
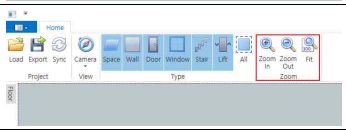
<자가기반 매트릭 기능별 사용자 점수 결과>

- 설문지 결과에 따르면 유용성, 학습용이성과 같은 기능에 관한 점수들보다는 사용편의성과 같은 인터페이스에 대한 점수들이 더 작음. 이를 통해 사용자들이 기능보다는 인터페이스에 대한 불만족이 크다는 점을 알 수 있음. 이는 전문가 집단과 비전문가 집단 모두에서 관측됨
- 사용자 점수는 총 평균인 77.7점을 기록함. 태스크별 점수 차이는 크지 않음
- 하지만, 전문가 집단과 비전문가 집단 모두 가장 점수가 낮은 기능은 태스크2이므로 이와 관련된 사항을 우선적으로 개선하면 효과적일 것으로 판단됨
- 비전문가 집단보다 전문가 집단의 점수가 상당히 낮음. 이를 통해 현재까지는 본 플러그인이 기존 도면 벡터화 S/W에 비해 기능과 UI가 부족함을 암시하고 개선할 여지가 있음을 알 수 있음

- 개선점 기록 및 전달
  - 테스트 과정 중에 사용자들이 이야기하는 불편한 점과 개선사항을 기록함
  - 총 40개의 항목을 신한항업에 전달하였으며 이중 기술적, 시간적으로 실행 가능한 17개의 항목에 대해 신한항업에서 개선할 것으로 협의하였음
  - 17개 항목에 대한 개선결과는 다음과 같음

<사용자 평가를 통해 개선된 Indoor-spatial-helper의 인터페이스>

JOSM 플러그인 편집기	개선 전	개선 후
오브젝트레이어 SHOW ALL기능 추가		
오브젝트레이어 show/hide icon으로 on off		
오브젝트/벡터레이어 높이설정 확인시 엔터버튼이 안먹음		
sets buildings에서 top/bottom의 위치가 바뀌면 좋겠다		
sets floorplan의 의미가 잘 안와닿음. 평면도 추가(add floorplan)가 더 낫지 않은지		
이미지 수정시 확인버튼이 너무 작음		
벡터라이징 수행시 취소버튼이 작동이 안되고 X버튼만 작동됨 -> 기능적으로 해결이 불가능하다면 취소버튼 없애고 주의문구 추가		 **기능적으로 ML모듈을 중단할 수 있게 수정**
오브젝트레이어에서 오브젝트의 split이 아니라 change인 것 같음		
높이설정을 컬럼을 만들어서 시각화 및 선택		
건물유형선택' 드롭다운 명칭을 '건물유형에 따른 층고선택'으로 바꾸고 수동입력할 수 있는 기능 추가		
건물유형 선택 드롭다운 기능이 Floor Plan Info 카테고리에 속해있는 것이 어색함. SETS BUILDINGS안에 있어야 할듯		

한글/영어 버전 나뉘면 좋겠음. 지금은 혼재되어 있어 헷갈림. 가능하면 한글이면 좋겠음		
기능들의 일관성, 연결성이 있으면 좋겠다		
3D 뷰어	**개선 전**	**개선 후**
줌 스크롤 속도가 느림		
카메라 회전 속도가 느림		
이동시 단축키(원점 시점으로 이동 : 스페이스바)		
확대축소 아이콘이 있으면 좋겠음		

[도면 이미지를 기반으로 구축한 실내공간 기하, 의미 정보와 IndoorGML등의 표준포맷으로의 유연한 변환을 위한 기준(프로세스) 설계]

- IndoorGML 스키마 기반 실내공간 객체의 변환 기준 정의
  - 도면 기반 ML 모듈을 통해 구축한 데이터가 포함하는 실내의 대상 객체는 공간(벽체), 문, 창문, 엘리베이터, 계단이며, 객체 별로 구분되어 생성됨. 즉, 생성된 데이터는 indoor space classification 정보(Semantic information)를 포함하므로 IndoorGML core module 뿐 아니라 navigation extension을 함께 적용하여 IndoorGML로 변환
  - 유효한 IndoorGML 파일로 변환하기 위해, 자동화 모듈을 통해 구축한 기하와 속성에 대한 변환 기준을 마련

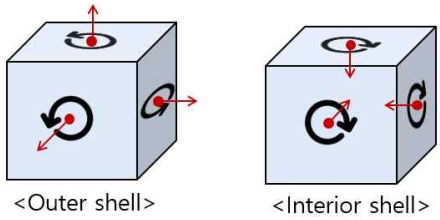
OSM file(SHP file)		IndoorGML file		
Feature	Attribute	Geometry	Feature tag	Property
공간	space_id, auto_YN, floor_num, height, usage, name, hollow_YN, stair_id, lift_id	CellSpace (Solid)	core:cellSpaceMember navi:GeneralSpace core:cellSpaceGeometry core:Geometry3D gml:Solid	gml:description (level, indoor, class)
문	door_id, auto_YN, floor_num, height, lower, upper, template, d_direc, lift_YN	CellSpace Boundary (Surface)	core:cellSpaceBoundaryMember navi:ConnectionBoundary core:cellSpaceBoundaryGeometry core:Geometry3D gml:Polygon	
창문	window_id, auto_YN, floor_num, height, lower, upper, template	CellSpace Boundary (Surface)		
계단(실)	stair_id, depth, width, auto_YN, floor_num, height, upper_id, lower_id, template, steps	CellSpace (Solid)	core:cellSpaceMember navi:TransitionSpace core:cellSpaceGeometry core:Geometry3D gml:Solid	
엘리베이터(실)	lift_id, depth, width, auto_YN, floor_num, height, upper_id, lower_id, template, door_id	CellSpace (Solid)		

- JOSM 3D 실내공간정보 구축 플러그인을 통해 출력한 IndoorGML data의 검증을 통한 표준 포맷 내보내기(IndoorGML Export) 기능 보완사항 도출

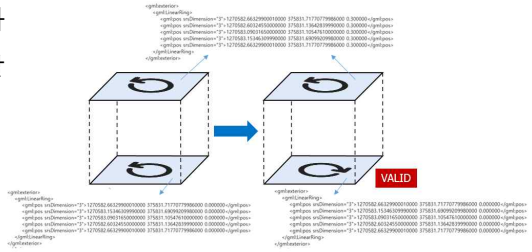
- Ledoux, H. (2020)[1]가 제시한 6-단계의 IndoorGML 파일 유효성 검사 단계 중 ML 모듈을 통한 실내공간정보 구축 범위에 맞도록 Primal space에 제한하여 검증하는 것으로 단계를 조정
- 1) ML 모듈을 통해 생성한 OSM(SHP) 파일에 대한 검증과, 2)OSM 파일을 JOSM 플러그인을 통해 IndoorGML로 변환 후 생성된 GML 파일에 대한 검증을 각각 수행하여 결과를 비교하여 변환 과정에서의 오류 확인 및 보완사항 도출

(a) Geometry validation을 통한 Surface와 Shell의 orientation 보완

- Surface와 shell을 구성하는 vertices는 outside view를 기준으로 counterclockwise로 형성되어야 함. 또한 Right-hand system 기준으로, Outer shell은 normal pointing outwards, Interior shell은 inwards로 polygon/surface 형성

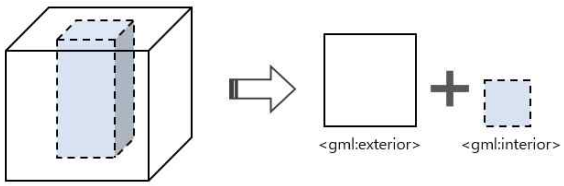


- 현재 JOSM 플러그인을 통해 export한 IndoorGML 파일의 검증 결과, shell을 구성하는 전체 surface/polygon의 orientation이 반대 방향이거나, 윗면과 아랫면이 동일한 direction으로 polygon을 형성하는 오류가 발생하여 해당 사항을 보완



(b) Geometry validation을 통한 Surface with holes의 표현 방법 정의

- JOSM 플러그인(ML 모듈 적용)을 통해 생성한 데이터는 IndoorGML 상에서 직접 Geometry를 포함하며, 이 경우 ISO 19107 표준에 기반하여 Geometry를 표현
- ISO 19107 표준에 따라, GML 폴리곤/셀에서 hole을 표현하기 위해서는 interior boundary/surface를 정의하여야 함



- 따라서 JOSM 플러그인에서 IndoorGML export 시, 아래와 같은 방식으로 'Surface/Solid with holes'를 표현

(c) 속성 정보의 표현

- IndoorGML navigation module 1.0.3에 따라, 각 space에 대해 class, function, usage를 omniclass에서 정의한 코드 값으로 변환하여 출력
- Thin model에서 boundary는 스키마에서 속성을 정의하지 않으므로, 문과 창문(Connection boundary)의 속성은 description에 저장

공간(객체)	속성 항목		code value	description
일반 방 (벽체로 폐합된 공간)	공간실명	<gml:name>	string으로 표현	
	공간 용도	<navi:class>와 <navi:function>을 상호보완적으로 사용	general space의 기존 코드 값 참고하여 사용	
복도	공간실명	<gml:name>	string으로 표현	
	class	<navi:class>	1000	horizontal transition
	function	<navi:function>	1000	corridor
	usage	<navi:usage>		
엘리베이터(실)	공간실명	<gml:name>	string으로 표현	
	class	<navi:class>	1010	vertical transition
	function	<navi:function>	1110	elevator shaft
	usage	<navi:usage>		
	기타	description	폭, 깊이, 높이 등	
계단(실)	공간실명	<gml:name>	string으로 표현	

1) Ledoux, H. (2020). Are your indoorGML files valid?. ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 6(4/W1).

	class	<navi:class>	1010	vertical transition
	function	<navi:function>	1120	stair
	usage	<navi:usage>		
	기타	description	계단 높이, 단수, 폭, 깊이 등	

- level 정보를 포함하여 사용자가 JOSM 상에서 입력, 수정할 수 있는 속성은 description에 포함하여 출력
- 일반 방(벽체로 폐합된 공간)에 대한 속성은 omniclass의 코드값을 참고하여 아래와 같이 정의하여 사용자에게 정보 제공

<navi:class>

1000	Administration	1060	Laboratory
1010	Business, trade	1070	Service
1020	Education, training	1080	Production
1030	Recreation	1090	Storage
1040	Art, performance	1100	Security
1050	Healthcare	1110	Accommodation, Waste management

<navi:function>

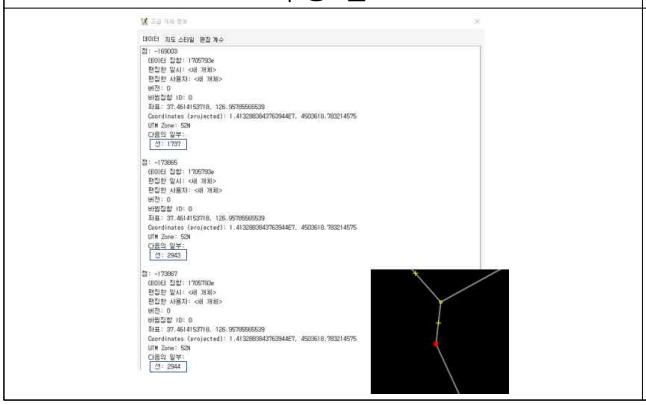
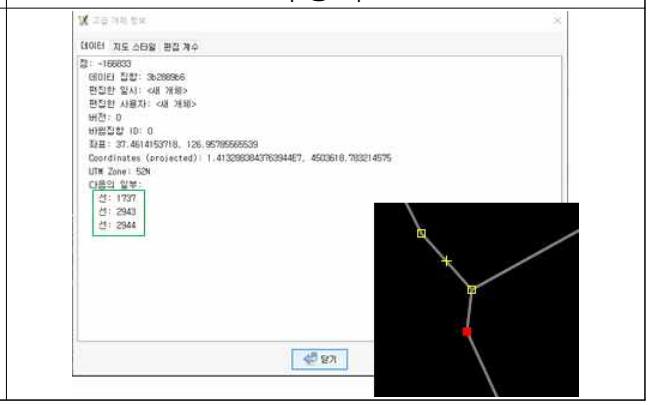
1020	Men's Restroom
1030	Unisex Restroom
1130	Women's Restroom
2440	Rest Area
3720	Waiting Room

(d) 추가 보완 사항

- 창문과 문의 vertices를 정의할 때 높이 차를 부여하여 두 객체를 Surface로 표현
- 각 Cell은 바닥면과 천장면을 포함하며, 다층 건물 IndoorGML 파일에서는 아래층의 천장면과 윗층의 바닥면이 맞닿아 있는 형태로 출력
- 사용자가 생성한 공간의 Cell ID(space ID)와 Cell Geometry ID(solid ID)가 동일한 값으(숫자)로 부여되도록 조정

- ML 모듈 결과 OSM 파일 내 중복된 노드 제거
  - OSM 파일을 구성하는 기본 요소인 노드가 모든 객체별 독립적으로 생성되어 도면 내 포인트를 공유하는 객체들 사이의 중복된 노드들의 정리가 필요
  - Python BeautifulSoup의 XML 편집 기능을 사용해 Node 태그의 좌표 기반 재정렬, 중복된 노드를 대표 노드로 변환하여 노드를 정리
  - 실내 객체들이 좌표점을 기준으로 공유하는 노드 생성

< 중복된 노드 제거 전/후 >

수정 전	수정 후
	

- Way 재정렬과 객체별 태그 변환
  - OLU에서 사용되는 OSM 파일은 다른 OSM 파일과는 다른 독자적인 시스템을 가지며 특히 ML 모듈의 결과 OSM파일과 태그 시스템이 상이함
  - 두 파일 시스템 사이의 변환 프로세스 설계 필요
  - Osm서버에서 파일을 불러오는 Overpass Turbo를 이용해 실제 OLU에서 사용하는 파일의 실내 객체별 태그 분석 수행

- ML 모듈에서 생성한 6개의 실내 객체와 OLU 서버의 실내 객체를 비교 후 way 재정렬, 객체별 태그 변환 실행(Poly to Poly, Line to Point 등)

- 연구 종료 후 기술개발의 지속적인 고도화 및 관련 데이터 확보 계획 및 성과 활용계획
  - 도면 자동변환 기술의 경우, 서울시 데이터 등 추가 데이터 확보를 통해 후속 연구를 진행 중임. 해당 후속연구는 공학석사 학위 논문을 통해 출판 예정
  - 본 개발기술은 문화재 복원, 시설관리, 3D 실내 네비게이션 등에 활용될 수 있으며, 특히 도면 이미지의 경우 일반 사용자들도 쉽게 구득할 수 있기 때문에 필요에 따라 사용자 참여형 기반의 오픈소스 플랫폼 제공이 가능함

- 개발기술의 사후관리 · 확산 및 해외 시장 개척 및 홍보계획
  - 본 연구개발 기술은 현재 Git-hub를 통해 개발 기술이 공개 되었으며, 이외에 OSM을 통해서도 공개할 계획임
  - 해외 시장 개척과 관련하여, OSM에 모듈로 추가하여 활용할 수 있으므로 전 세계의 OSM 이용자들이 편리하게 활용이 가능함. 이러한 OSM을 통해 모듈의 공지를 수행 및 누구나 쓸 수 있도록 하는 방안을 도모
  - 또한, OSM 홈페이지를 통해 공공에 홍보하고 추가로 위드코로나 시 해외의 컨퍼런스에 참석해 연구성과를 홍보 추진
  - 추가로 OGC에서 운영하고 있는 IndoorGML 공식 홈페이지에 본 개발 기술을 확인 할 수 있는 링크 제공하며 이외에 추후 언론 홍보 및 기술 전시회 등을 통해 개발기술의 시연하여 개발 기술의 활용도를 높아고 확산함

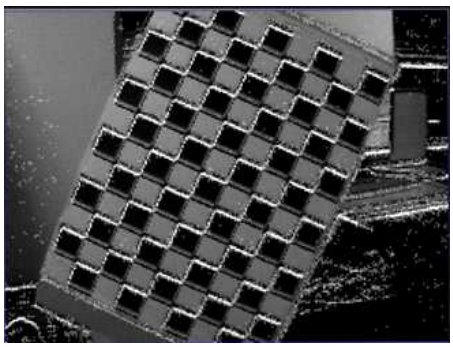
(나) 1-2 공동 (고려대학교 산학협력단)

요소 기술	정성적 개발 목표	정성적 개발 성과
핵심 요소 기술 1. 다중 LiDAR – Camera 고정밀 Calibration 기술	- 수렴 여부 및 시간 지연 50msec 수준	수렴 및 시간 지연 50msec 수준 달성
	- 노이즈 감소 20% 수준	20% 수준 달성
	- 정합도 오차 30cm 이하	30 cm 이하 달성
핵심 요소 기술 2. 실내 정형-비정형 3D Mesh 자동생성 기술	- 에지 추출 여부 80% 수준	80% 수준 달성
	- 메쉬 작성 여부 80% 수준	80% 수준 달성
	- 기하요소 추출 및 정밀도 측정	정밀도 측정 및 기하요소 추출 달성
	- 실감지도 자동생성 정밀도 측정	실감지도 자동생성 정밀도 측정 달성
	- 노이즈 감소 20% 수준	20% 수준 달성

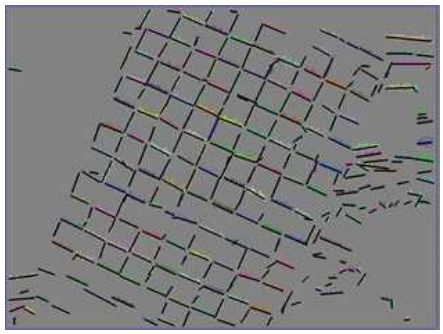
[핵심 요소 기술 1. 다중 LiDAR – Camera 고정밀 Calibration 기술]

① 수렴 여부 및 실시간성 달성

- 특히 이벤트 카메라의 이벤트 이미지에서 에지를 추출하여, 실시간 데이터 처리 및 에지 처리와 같은 동적 여부를 테스트 하고자 함.
- 이벤트 이미지 획득과 이벤트 카메라 동작 테스트 완료.
- 이벤트 이미지에서 에지 추출 완료
- 이벤트 이미지와 RGB 카메라 이미지 사이의 정합을 위한 Calibration 수행 완료.



(a) 이벤트 카메라 - RGB 카메라 캘리브레이션



(b) 이벤트 이미지에서 에지 추출 (50msec 수준)

그림. 이벤트 카메라 - RGB 카메라 간의 캘리브레이션 동작 여부 및 50msec 수준의 에지 추출 결과

② 노이즈 감소 20 % 수준 달성

- 카메라와 카메라 사이의 캘리브레이션에 대한 노이즈 감소
- 선형적 오차 전파 이론을 적용
- 2D corner 오차와 3D corner 오차를 목적함수의 오차로 선형 전파시킴.
- 선형적 오차 전파를 통해 불확실성 가중치 계산 공식 확립.
- Corner point 에 대한 개별적인 불확실성 가중치를 계산.
- 멀티 카메라 시스템의 캘리브레이션 노이즈 감소 달성에 기여.
- corner 점을 둘러싼 지점의 기울기 계산으로 정의된 직접적 방식의 2D corner 점과 corner 점을 만드는 체크 패턴의 line을 먼저 추정하고 교선(line intersection)으로 정의된 간접적 방식의 2D corner 점 사이의 localization 오차를 2D corner의 오차로서 이용함.
- 선형적 오차 전파 이론을 적용하여, 2D corner 오차와 3D corner 오차를 목적함수의 오차로 선형 전파시

켜, 보다 정밀한 Mahalanobis distance 최소화 기반의 멀티 카메라 시스템 Calibration 을 연구 개발함.
- 기존의 보편적인 Least Square 방식의 멀티 카메라 시스템 Calibration 기술보다 정밀도 부분에서 향상시킴.

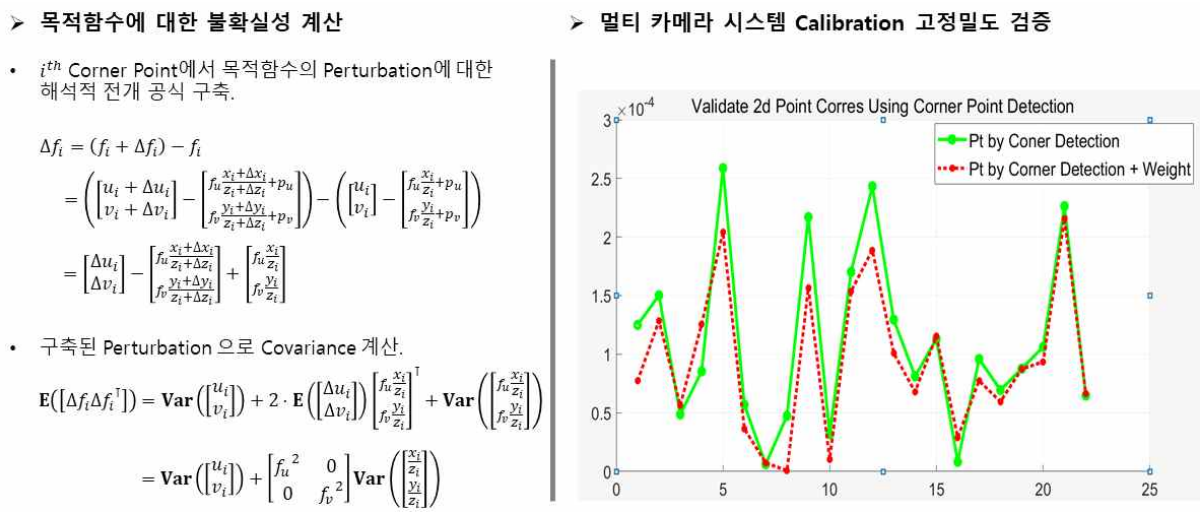


그림. 멀티 카메라 캘리브레이션 노이즈 감소 결과

- 시뮬레이션을 이용한 Calibration 검증 수행.
- 5대의 카메라가 360도 반경으로 둘러싸며, 인근의 카메라가 공통의 체크 보드 1개씩 관측하는 상황 설계.
- 2D Corner Detection은 평균이 0 pixel, 분산이 1pixel 의 detection noise가 있는 상황으로 가정함.
- 100회의 독립 시행으로 기존의 Calibration 기법과 정확도 비교 분석.
- 시스템 전체의 Translation Error [meter] 와 Rotation Error [degree]를 구분하여 정확도 계산.

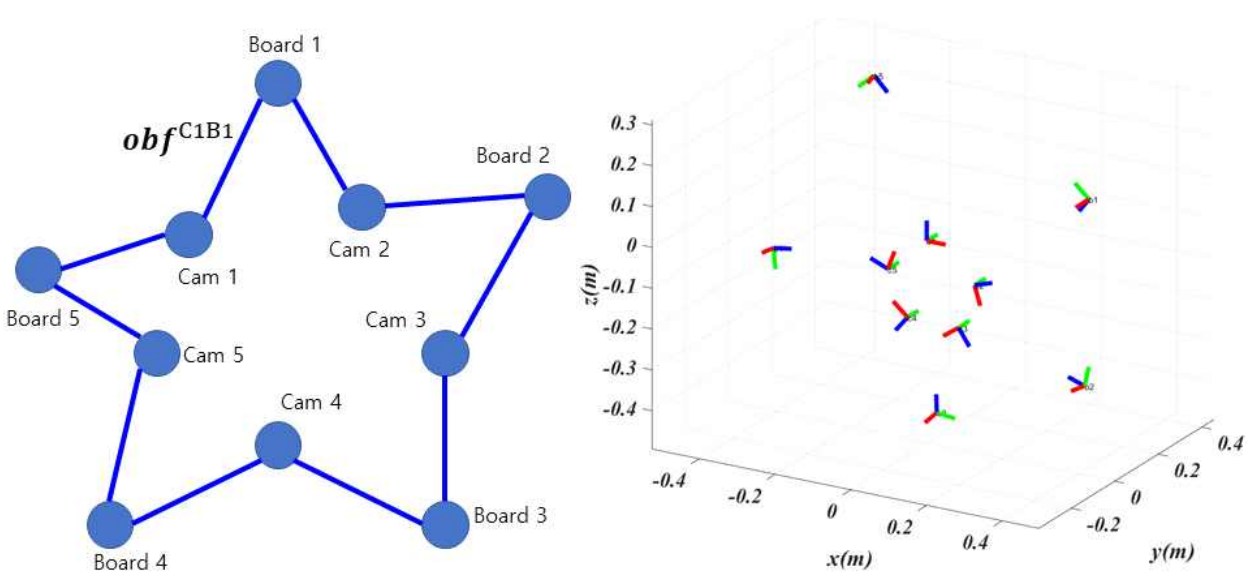
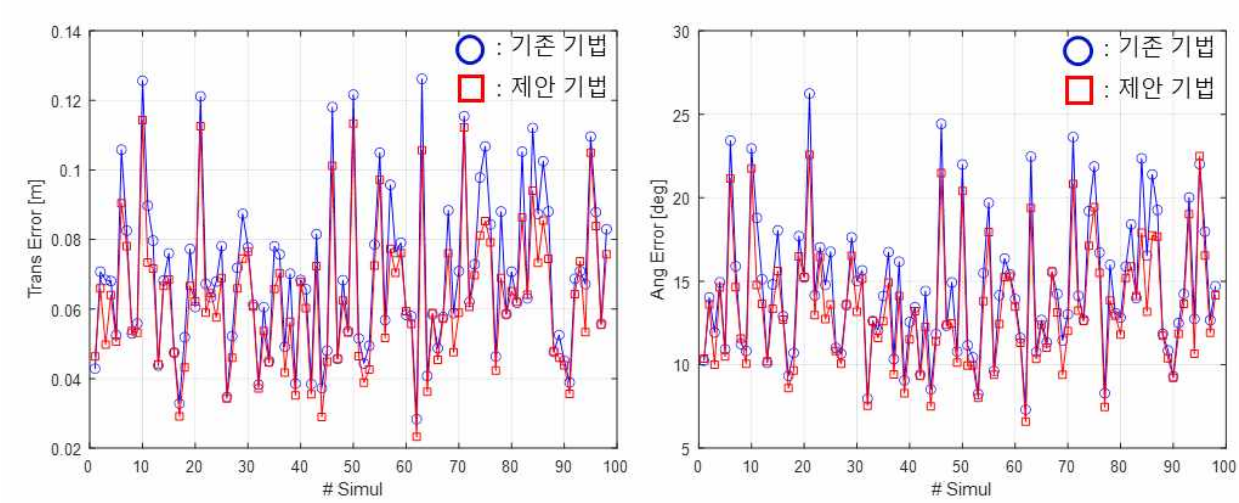


그림. 시뮬레이션을 이용한 Calibration 검증 수행

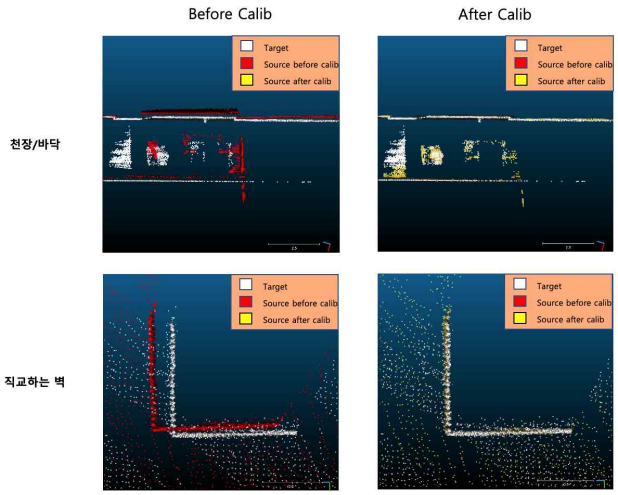
- 100회의 수행에서 95% 이상의 경우 Multi-modal 센서 시스템의 정확도가 개선됨을 확인함.
- 제안 기법이 기존 기법에 비하여 정확도를 높일 수 있음을 통계적으로 검증함.
- 이에 대한 천이 오차 및 회전 각도(오일러 각도) 오차의 평균적인 수준과 표준오차를 정량화하여 검증 수행.
- 정확도 개선으로 노이즈 감소 달성



	천이 오차 [m] (평균 / 표준편차)	오일러 각도[deg] (평균 / 표준편차)
기존방법	0.0696 / 0.0232	14.5478 / 4.1547
제안방법	**0.0632 / 0.0199**	**13.4125 / 3.5838**

그림. 시뮬레이션을 이용한 Calibration 검증 수행 결과

- LiDAR 와 LiDAR 센서 사이의 캘리브레이션에 대한 노이즈 감소
- 서로 다른 LiDAR에서 관찰된 Point 들의 법선 벡터 방향으로의 유클리드 거리를 계산하여, Reprojection Error를 정량화함.
- LiDAR 캘리브레이션에 대한 프레임 워크 구축 및 C++ 기반의 코드 구현.
- 최소화된 공유 화각 상황에서도 노이즈를 감소시키는 캘리브레이션 방법 구현
- 특정 타겟이 필요 없는 Target Independency 실현
- 벽에 대한 측정 노이즈 감소량 20% 수준 달성
- Rigid 하게 고정되어 있는 두 LiDAR 에 대하여, Motion을 임의로 가하여, 동일한 Motion을 취하여 발생하는 공통적 특성을 적극 활용함.



(a) 노이즈 감소 시각화

	Reprojection Error Before Calib(m^2/N)	Reprojection Error After Calib(m^2/N)
천장	0.0911375	0.00247065
바닥	0.00990051	0.0010784
벽1	0.00208497	0.000293246
벽2	0.0255345	0.000462897

(b) 노이즈 감소 결과

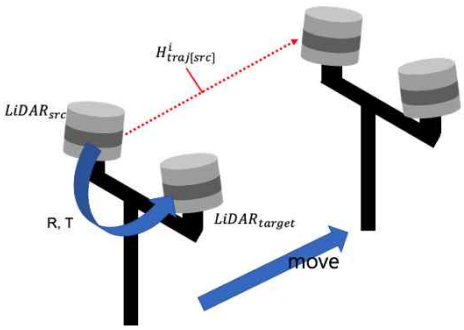
그림. LiDAR 캘리브레이션으로 구조물 정합 오차 감소 결과

input :Two pointclouds :$\boldsymbol{A} = \{{}^{A}\boldsymbol{p}_i\}, \boldsymbol{B} = \{{}^{B}\boldsymbol{p}_j\}$

An initial transformation :${}^{A}_{B}\boldsymbol{H}_0$

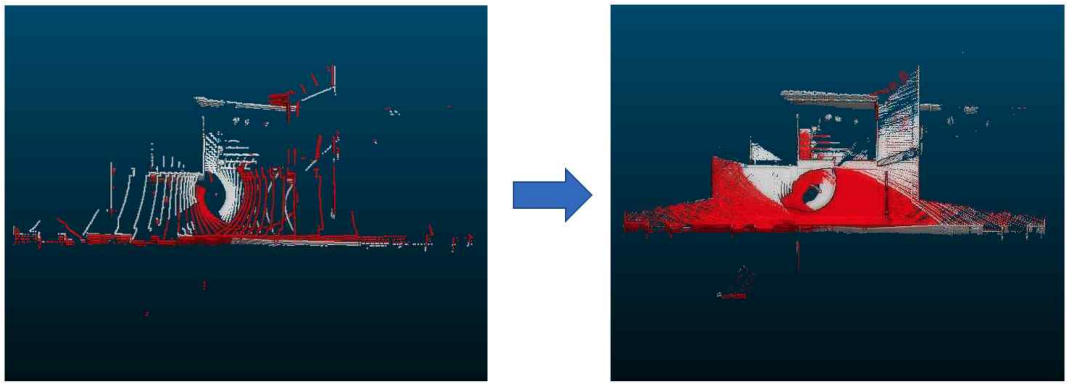
A pose :${}^{w}_{A}\boldsymbol{T}_i = \begin{bmatrix} {}^{w}_{A}\boldsymbol{R}_i & {}^{w}_{A}\boldsymbol{t}_i \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$

output :A Correct transfomration matrix ${}^{A}_{B}\boldsymbol{H}$

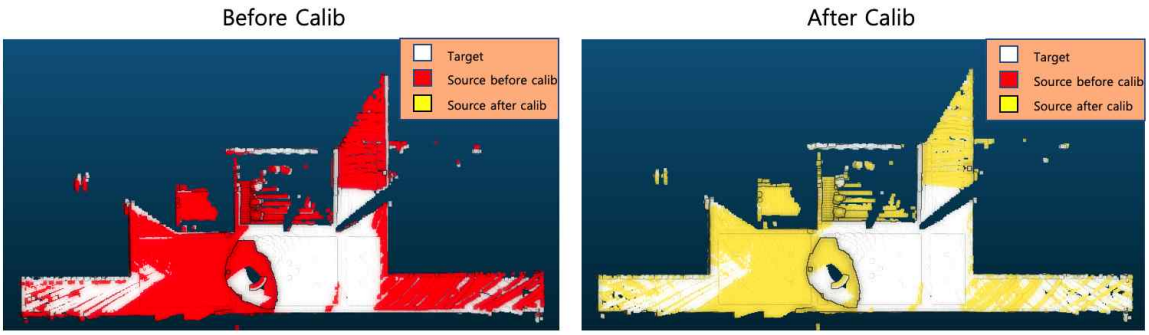


Time syncronization ${}^{w}_{A}\boldsymbol{T}_i \sim {}^{B}\boldsymbol{p}_j \rightarrow {}^{B}\boldsymbol{p}_i$;
${}^{A}_{B}\boldsymbol{H} \leftarrow {}^{A}_{B}\boldsymbol{H}_0$;
$M_A = \{{}^{w}_{A}\boldsymbol{T}_i \cdot {}^{A}\boldsymbol{p}_i\}$;
while *Not Converged* **do**
  for $i \leftarrow N$ **do**
    $m_{a,i} = \text{NearesNeighborIn}M_A({}^{w}_{A}\boldsymbol{T}_i \cdot {}^{A}_{B}\boldsymbol{H} \cdot {}^{B}\boldsymbol{p}_i)$;
    if $\|m_{a,i} - {}^{w}_{A}\boldsymbol{T}_i \cdot {}^{A}_{B}\boldsymbol{H} \cdot {}^{B}\boldsymbol{p}_i\| \leq d_{max}$ **then**
      $w_i \leftarrow 1$;
    else
      $w_i \leftarrow 0$;
    end
  end
  ${}^{A}_{B}\boldsymbol{H} \leftarrow \arg\min_{{}^{A}_{B}\boldsymbol{H}} \sum_i w_i \|m_{a,i} - {}^{w}_{A}\boldsymbol{T}_i \cdot {}^{A}_{B}\boldsymbol{H} \cdot {}^{B}\boldsymbol{p}_i\|^2$
end

(a) 멀티 LiDAR 캘리브레이션에 대한 프레임 워크



(b) 벽 두께에 대한 노이즈의 감소 및 정밀한 공간 측정 가능 결과



X(m)	Y(m)	Z(m)	Roll(deg)	Pitch(deg)	Yaw(deg)
0	-0.26	0	0	-26	0

X(m)	Y(m)	Z(m)	Roll(deg)	Pitch(deg)	Yaw(deg)
-0.0131684	-0.2602	0.00053109	0.60180049	-26.573038	-1.1962156

(c) 기술 적용 전후에 따른 구체적인 LiDAR Pose 정밀도 개선 결과

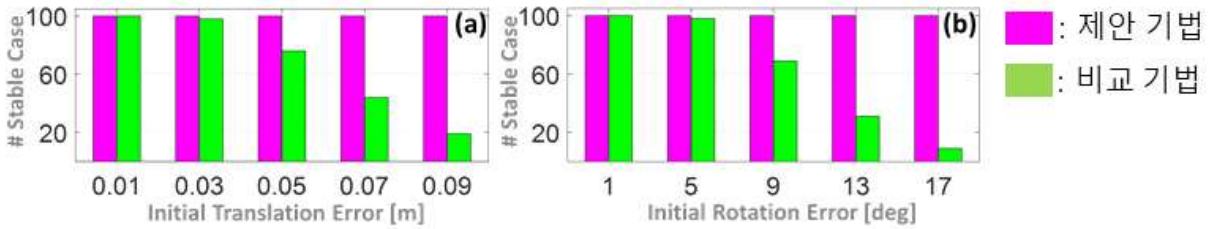
그림. LiDAR Calibration 노이즈 감소 연구 결과

③ 정합 오차 30cm 이하 수준 달성

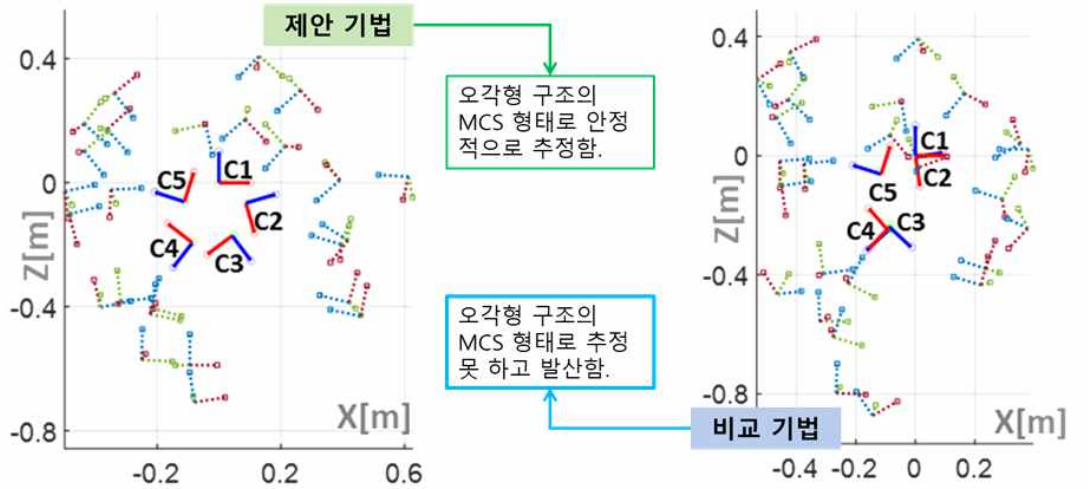
- 두 가지의 새로운 Point Correspondence를 이용한 백팩 데이터 취득부 Camera Calibration 의 성능은 Epipolar 정밀도에서 최신 기법대비 우수한 성능을 보임.
- 백팩 데이터 취득부 Camera 정합 오차 30cm 이하 달성
- 백팩 데이터 취득부 Camera 정합 초기 값의 불확실성 대비 강인성에 관련하여 원천적 해결책 제시
- 기존의 2D3D 점 정합이 가지는 불안정성에 대한 원천적 해결
- 초기 자세값에 따른 정합 기법의 통계적 비교 분석 수행
- 초기 자세값의 불확실성이 커지면서, 기존 기법은 신뢰도가 기하급수적으로 떨어지면서, 센서 사이의 정합 오차가 30 cm 이상 발생하는 발산 사건의 급격한 증가를 보임.
- 반면, 연구 개발된 제안 기법으로는 초기 자세값의 불확실성이 커지더라도, 매우 높은 강인성을 보이며,

센서 사이의 정합 오차가 지속적으로 30cm 이하를 유지함.

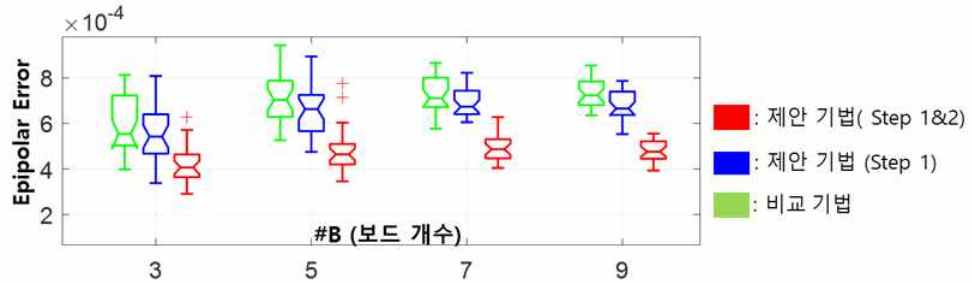
- 이는 원천적으로 기존 기법의 불안정성을 제안 기법이 해결할 수 있다는 검증의 하나가 될 수 있음.



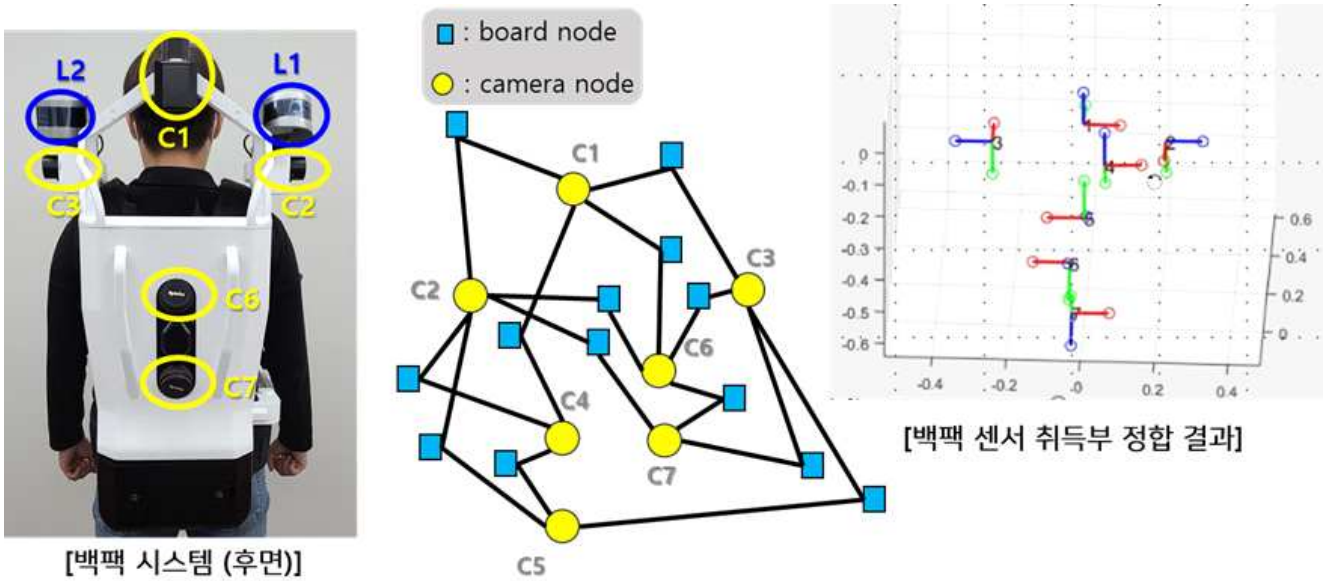
(a) 백팩 데이터 취득부 Camera 정합 초기 값의 불확실성 대비 강인성에 관련하여 원천적 해결 결과



(b) 백팩 데이터 취득부 Camera 정합 오차 30cm 이하 달성 결과



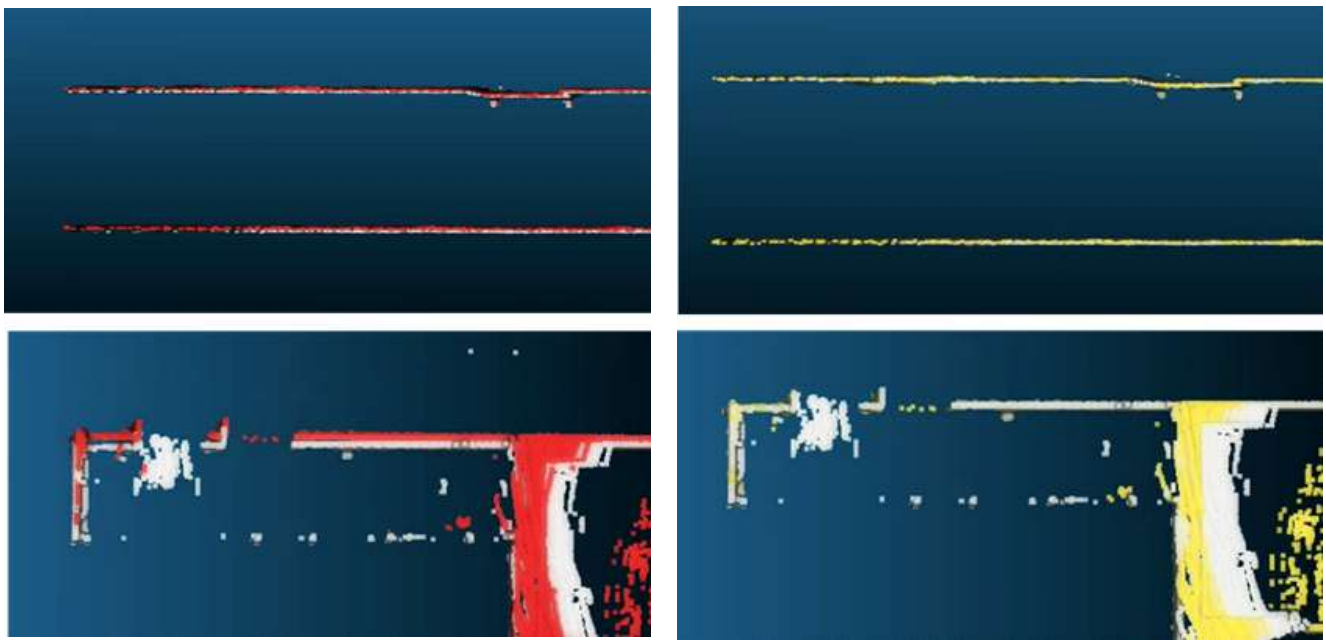
(c) 기술 적용 전후에 따른 구체적인 LiDAR Pose 정밀도 개선 결과



(d) 백팩 취득부 Camera 정합 결과

그림. 백팩 취득부 Camera 에 대한 정합 오차 감소 결과

- Rényi's Quadratic Entropy (RQE) 방식을 기반으로 하는 백팩 취득부 LiDAR Calibration 방법 개발
- Point Cloud에서 점의 개별적인 이용보다는 전체적인 Point Cloud Compactness Evaluation 이용
- Compactness 평가에서 Gaussian Mixture Model 분포 가정 이용.
- 이로써, Point Cloud 의 방향성 및 Gaussian 특성을 이용하고, Hermitian Matrix Inequality 조건을 만족하게 하여 Computation Cost를 낮추며 정합도를 높이는 LiDAR Calibration 기술 개발.
- 특히 넓은 공간에 대하여, 정합 오차의 민감도는 크며, 연구 개발된 기술은 전체적으로 아웃 라이어 점에 치중되지 않고, 정합 오차를 고르게 감소 시키는 효과를 보임.



(a) 백팩 취득부 LiDAR Calibration 적용 전의 회색벽과 붉은벽의 정합 (Before)

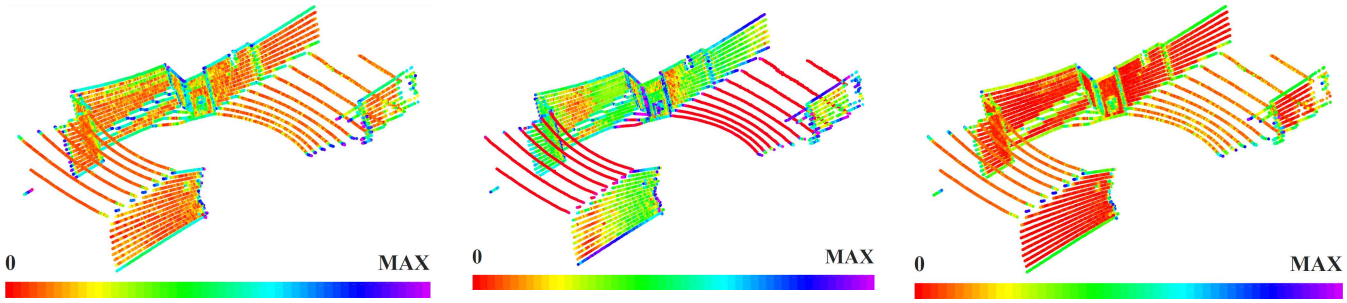
(b) 백팩 취득부 LiDAR Calibration 적용 후의 회색벽과 노란색벽의 정합 (After)

그림. 백팩 취득부 LiDAR 에 대한 정합 오차 감소 결과

[핵심 요소 기술 2. 실내 정형-비정형 3D Mesh 자동생성 기술]

① 에지 추출 여부 80% 수준 달성

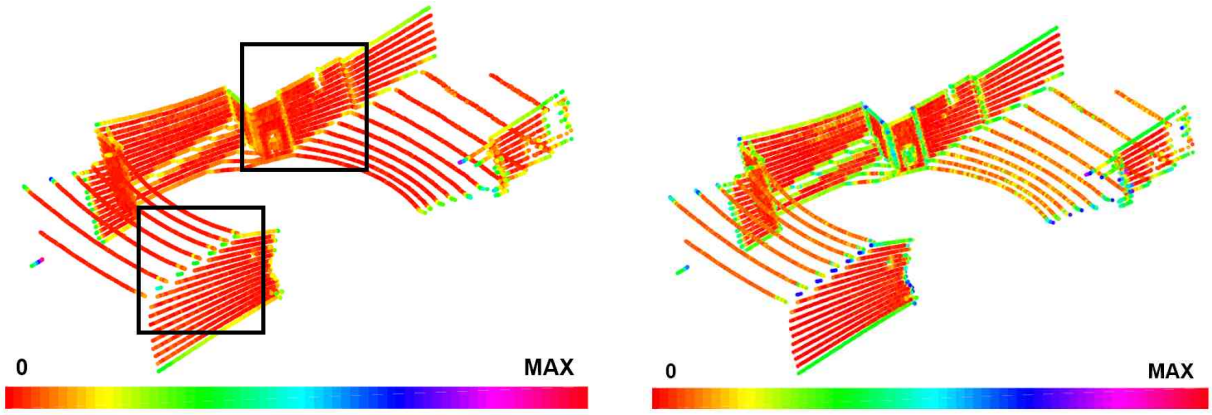
- 중심성 및 비평면성은 앞서 추출한 주변 점 그룹을 사용하여 얻을 수 있으며 각각 에지에 해당하는 점에서 높게 나타나는 특성을 가짐. 이에 중심성 과 비평면성을 나타내는 수치를 최종 에지 스코어의 계산에 활용하였음.
- 중심성의 계산을 위해서는 먼저 주변 점 그룹의 평균으로 중심점 (centroid)을 계산함. 다음으로 주변 점 그룹에 해당하는 모든 점에 대하여 중심점까지의 거리를 계산함. 마지막으로 앞서 계산한 각 거리의 총합을 가장 먼 거리로 나누어 아래의 그림과 같이 중심성을 계산함.
- 비평면성의 계산은 주변 점 그룹의 분포를 나타내는 공분산 행렬 (covariance matrix)을 얻는 것으로 시작함. 이후 공분산 행렬의 고유치 (eigenvalue) 세 개를 계산한 이후 가장 작은 두 고유치의 차이를 가장 큰 고유치로 나누어 평면성을 나타냄. 다음으로 평면성의 최대값인 1과 평면성의 차이를 계산하여 비평면성을 아래 그림과 같이 계산함.
- 최종 에지 스코어는 앞서 계산한 중심성과 비평면성의 곱으로 정의하여 두 특성을 동시에 만족하는 점의 에지 스코어가 높도록 함. 아래 그림과 같이 최종 에지스코어는 중심성 및 비평면성 보다 강인하고 균일하게 에지에 해당하는 정보를 나타냄. 따라서 최종 에지 스코어를 활용하면 포인트 클라우드의 에지에 해당하는 점을 정확하게 추출할 수 있음.



중심성에 따른 포인트 클라우드 비평면성에 따른 포인트 클라우드 최종 에지 스코어

그림. PCD에서 각 점에 대한 에지 스코어 및 에지 추출 기술 결과

- PCD에서 에지 추출을 수행하는 대표적인 방법인 Xia and Wang 의 “A Fast Edge Extraction Method For Mobile LiDAR Point Clouds” 기술을 비교 대상인 기존 기법으로 선정.
- 기존 기법과 비교하여, 연구 개발한 에지 추출 기술의 향상 검증 수행함.
- 기존 기법 대비 90%의 성능 향상을 보임.
- 에지에 해당되는 점에 대해서 더욱 강인하게 추출하는 특성을 보임.

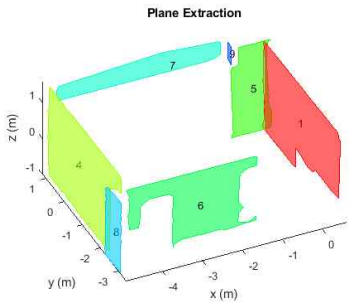


기존기법으로 추출한 에지 연구 개발한 기법으로 추출한 에지

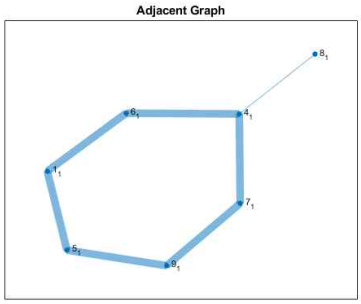
그림. 기존 에지 추출 기법과의 비교 검증

② 메쉬 작성 여부 80% 수준 달성

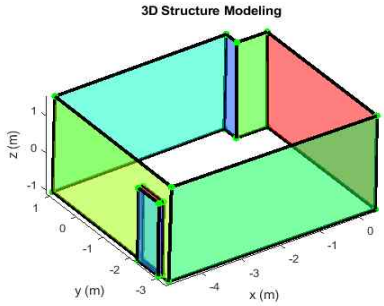
- 3차원 점 구름 정보로 추출된 평면 패치에 Graph Theory를 적용하여 인접 평면과의 관계를 분석함으로써, 실내 공간 메쉬 작성의 정확도를 높임.
- 문틀, 깊이가 다른 벽 등 복잡한 공간에 대해 실내공간 구조 에지 추출 및 메쉬 작성 가능.
- 실내 공간 구조 에지를 사용한 실내 고간 모델링
- 정형 실내 공간에 대해 실내 공간 구조 에지를 추출하여 실내 공간 구조를 복원하는 알고리즘 개발을 지원함.
- 넓은 실내 공간에 대해 실내공간을 모델링하는 자동화 알고리즘 개발을 지원함.



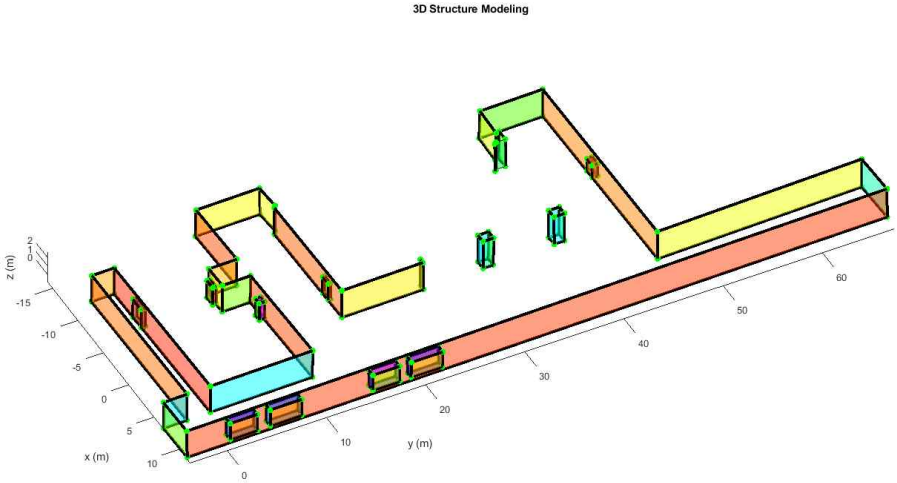
[추출된 평면 정보]



[인접 평면간의 그래프]



[3차원 실내 공간 모델링 결과]

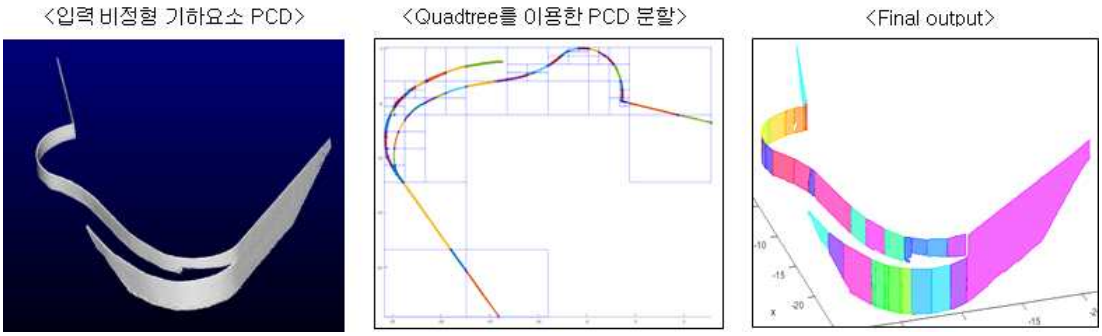


[넓은 실내 공간의 3차원 실내 공간 모델링 결과]

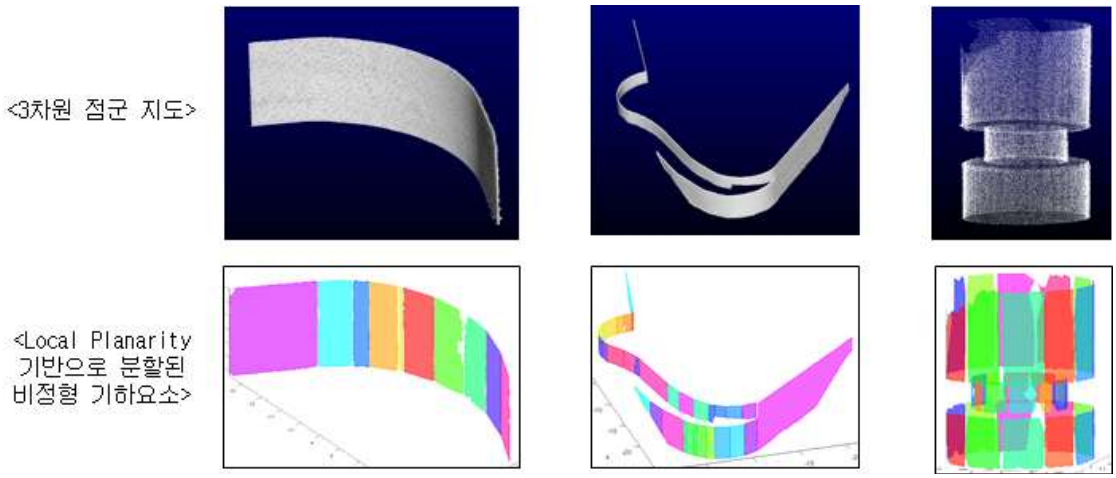
그림. 메쉬 작성 여부 80% 수준 달성

③ 정밀도 측정 및 기하요소 추출 달성

- 한 곡선이 일정한 곡률을 가지지 않기 때문에 QuadTree 기법을 이용하여 3차원 데이터를 반복적으로 분할함. 분할된 3차원 데이터에서 평면을 추정한 뒤 폴리곤 형태로 표현함.
- 다양한 비정형 데이터 (균일하지 않은 곡률을 가지는 곡면 데이터, 한 개 이상의 곡면을 가진 데이터, 다양한 지름을 가지는 원기둥 데이터) 에 개발된 알고리즘 적용 및 검증을 수행함.
- Segmentation 된 비정형 기하요소 점군에 대하여, 비정형 메쉬 기하 정보 구축 기술 개발
- 곡면, 원기둥과 같은 비정형 기하요소를 Slim Panel(Plane)으로 추정함. 정형 기하요소와 비정형 기하요소를 융합한 실내 공간 매쉬 구축 가능성을 확인함. 복잡소형공간과 복잡대형공간 등 다양한 데이터에 대해 적용 가능성을 검증함.



(a) 다양한 곡률을 가진 비정형 기하요소에 대한 모델링 결과



(b) 3차원 점군 지도에서 비정형 기하요소를 포함한 메쉬 추출 및 모델링 결과

그림. 비정형 기하요소 추출 및 모델링 결과

- Precisoin(정밀도)은 참 기하요소의 수와 검출된 기하요소의 수의 비율임.
- 즉, 검출된 기하요소 중 실제 건축 요소를 나타내는 기하요소의 비율로서, 높을수록 실제 공간을 사실적으로 구현한 지표가 될 수 있음.
- Recall(재현율)은 실제로 검출된 기하요소의 수와 검출되어야 하는 기하요소의 수의 비율임.
- 즉, 전체 건축부분 기하요소 중 알고리즘으로 검출된 기하요소의 비율로서, 높을수록 실제 공간을 사실적으로 구현한 지표가 될 수 있음.
- 다수의 데이터에 대하여 Precision은 평균 93.60%, Recall은 평균 89.39%를 나타냄.

데이터	Precision (%)	Recall (%)
1	100	75.00
2	100	92.29
3	100	100
4	87.50	80.77
5	93.67	96.10
6	87.02	96.61
7	91.80	88.89
8	92.11	84.00
9	90.29	90.29
평균	93.60	89.39

표. 기하요소의 정밀도 측정 결과

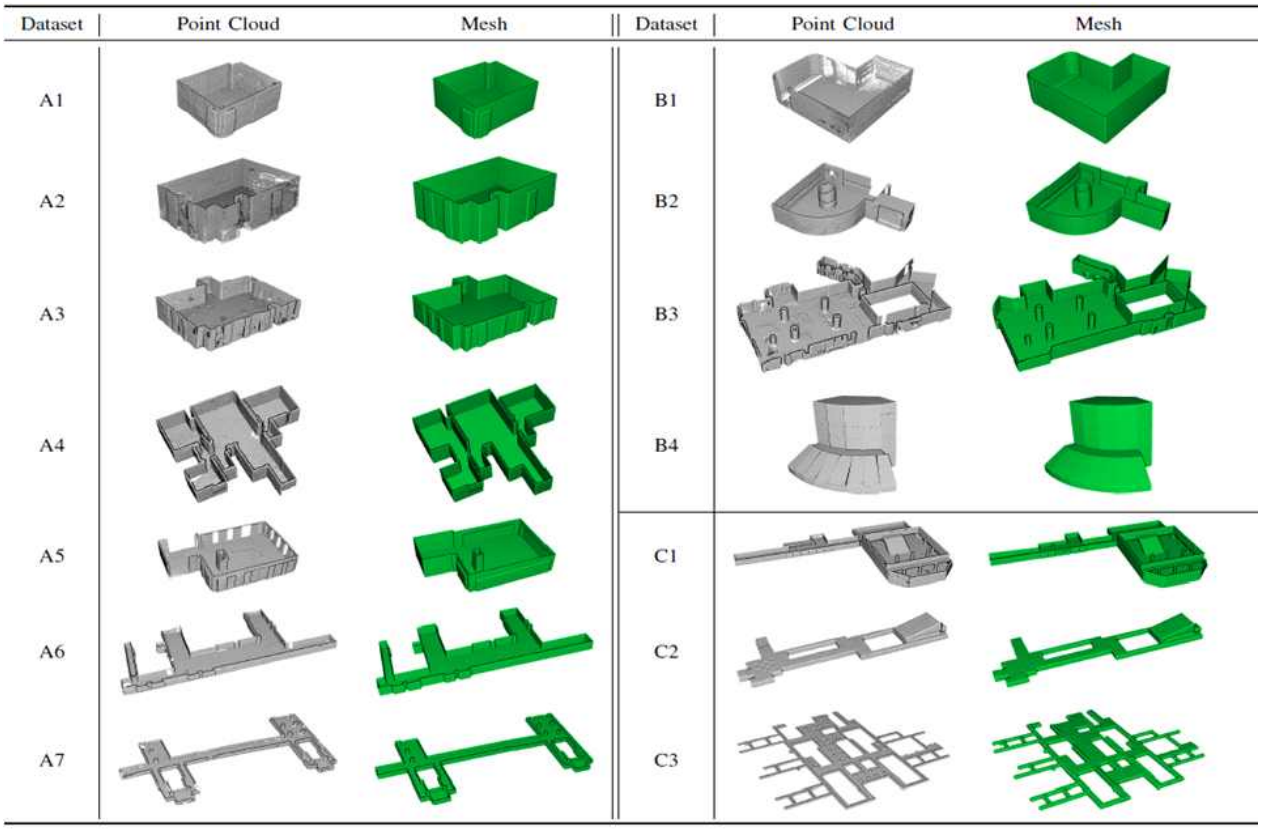
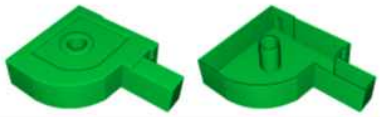
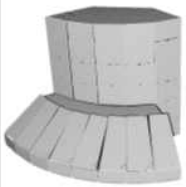
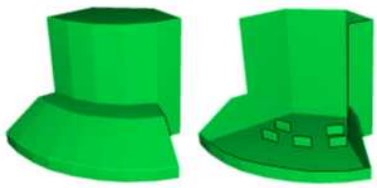


그림. 소형 단순 공간부터 복잡 대형 공간까지 메쉬 비정형 기하요소 추출 및 모델링 결과

④ 실감지도 자동생성 정밀도 측정 달성

- 기존 기법은 곡률이 없는 유한한 평면으로 구축된 공간을 모델링하기에 적합한 기법임.
- 이에 대해서 비정형 기하요소를 함께 모델링 하는 개발 기술은 공간 모델링의 정밀도에서 비교 우위를 가질 수 있음.
- 기존 기법으로 모델링이 어려운 복잡한 공간에 대한 여러 가지 모델링을 수행함.
- 복잡 소형 공간 및 복잡 대형 공간 모델링 수행
- 실감 지도 자동 생성 기술과의 융합으로 필드테스트 수행 완료.
- 실제 공간에 대한 실감지도 자동 생성 기술의 적용 가능성을 검증.
- 규모에 따라 소형, 대형 공간을 구분
- 구조형상 복잡도에 따라 단조, 복잡 공간을 구분
- 단조 대형 공간 (고려대학교 신공학관, 806 제곱미터), 복잡 소형 공간 (KIST 박물관, 266 제곱미터), 복잡 대형 공간 (LA Convention Center, 673 제곱미터)로 자동 생성 기술 검증.

	3차원 점군지도	평면(폴리곤)	매쉬
복잡소형공간			
복잡대형공간			

(a) 기존 기법이 모델링 불가한 복잡 공간에 대한 정밀 모델링 결과



(b) 단조 대형 공간 (806 제곱미터)



(c) 복잡 소형 공간 (266 제곱미터)



(d) 복잡 대형 공간 (673 제곱미터)

그림. 고정밀 실감지도 자동생성 연구 결과

- 건축 부분 기하요소 모델링의 정밀도를 측정하기 위해 3차원 점군지도와 매쉬의 거리오차의 중간값과 분산을 계산함.
- 3차원 점군지도와 매쉬의 거리오차는 LACC1 데이터의 경우 중간값은 0.0364m 이고, 분산은 0.0051m^2임.
- LACC2 데이터의 경우, 중간값은 0.0273m 이고, 분산은 0.0043m^2의 값을 나타냄.
- 즉, 평균적으로 0.0319m 의 거리오차와 0.0047m^2의 분산을 보임.
- 이는 건축부분 기하요소 모델링 기술로 제작한 메쉬가 3차원 점군지도를 충분히 정확하고 정밀하게 표현한다고 고려될 수 있음.
- 실감지도 자동생성을 높은 정밀도로 수행 가능.

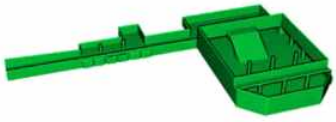
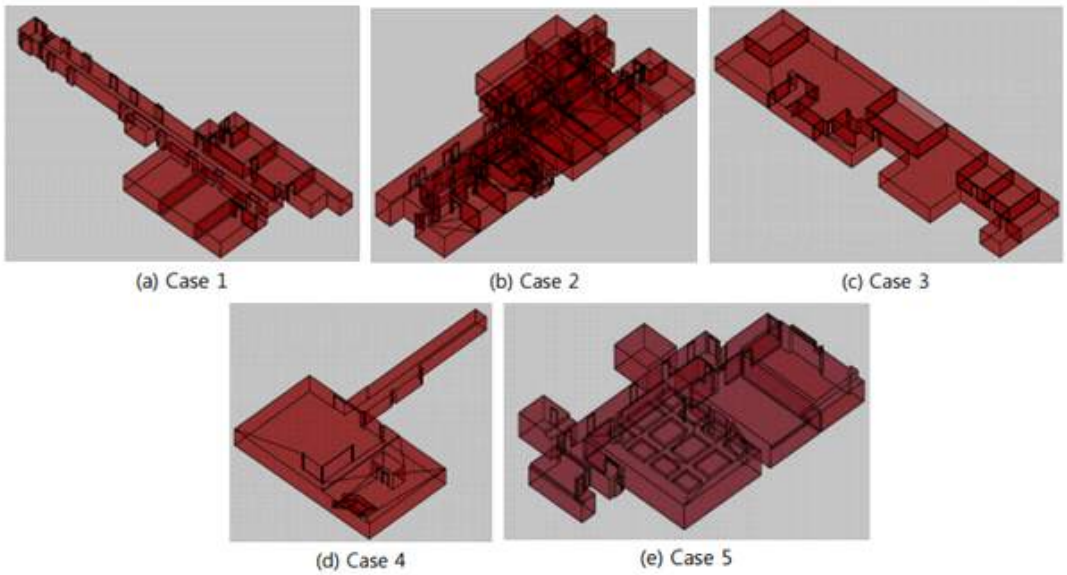
	3차원 점군지도	매쉬
LACC 1		
LACC 2		

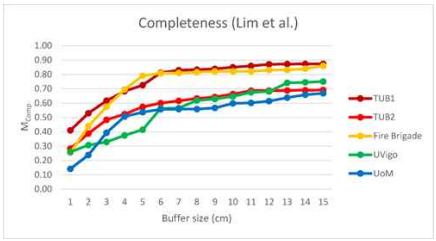
그림. LA Convention Center 점군지도에 대한 메쉬 자동 생성 수행 결과

⑤ 노이즈 감소 20% 수준 달성

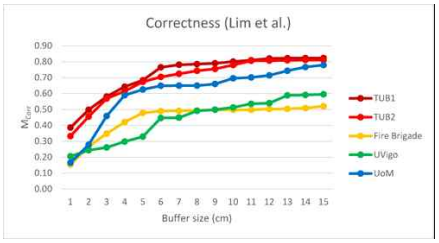
- 노이즈 감소 및 성능 검증을 위하여, ISPRS Benchmark Test on Indoor Modeling 에 참가.
- 총 5가지의 Indoor 의 Test Data 에 대하여 모델링 검증 수행.
- 고려대학교, 티랩스, 부산대학교와 협업.
- 고려대와 티랩스에서는 5개의 데이터(Case 1 ~ Case5) 의 고도화 3D Mesh 제작을 수행
- 부산대학교는 제작된 고도화 3D Mesh를 IndoorGML 형식으로 변환하는 작업을 수행함.



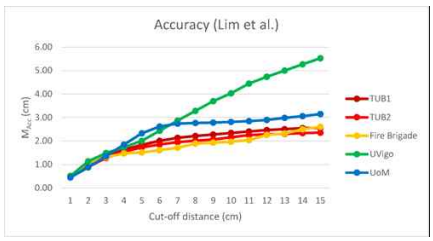
(a) ISPRS 실내공간 3D Mesh 경우



(b) Completeness 비교 결과



(c) Correctness 비교 결과



(d) Accuracy 비교 결과

그림. ISPRS Benchmark 테스트 결과

[As-is / To-be 대비표]

- 과제 시작 시기에 고려대학교 모델링 수준은 3D Colored PCD 까지만 안정적으로 구현 가능한 상황이었기에, 텍스쳐(texture) 모델링은 불가한 상황이었음.
- 과제 완료 시기에 고려대학교가 티랩스에 제공한 모델링 수준은 공간 크기에 제한을 받지 않고, 복층-복잡환경에 적용가능하며, 정밀한 LiDAR-Camera 정합도를 바탕으로 HQ 실감 텍스쳐 모델링이 가능함.
- 특히나, Epipolar Error 는 컴퓨터 비젼 분야에서 Point correspondence precision 을 설명하는 기초가 되는 지표로서, 이를 5x10^-4에서 4x10^-4 수준으로 줄인 것은 세계적인 기술 수준에서 한단계 성능 향상시킨 것으로 간주 될 수 있으며, 세계적인 공신력있는 로봇 공학 저널인 IEEE RA-L에서 출판될 만한 우수성을 보인 것임.

시기	모델링 가능 넓이	모델링 가능 환경	모델링 수준	LiDAR-Cam 정밀도
As-Is (17년)	아파트 (~120m2)	단층-단순환경	3D Colored PCD + Weird Texture	Epipolar Error 기준 5×10-4 (정합도 30cm 이상)
To-Be (21년)	Scalable (~up to 12,000m2)	복층-복잡환경	3D Colored PCD + HQ Texture (TeeVR)	Epipolar Error 기준 4×10-4 (정합도 10cm 이하)



(a) 아파트 (APT) 모델의 조감 시점



(b) 미국 EnCore 호텔 모델의 조감 시점



(c) 아파트 (APT) 모델의 내부자 시점



(d) 미국 EnCore 호텔 모델의 내부자 시점

그림. 과제 시작 시기의 3D 모델링 수준 (좌: 40평 APT, 우: 미국 EnCore 호텔, LasVegas)

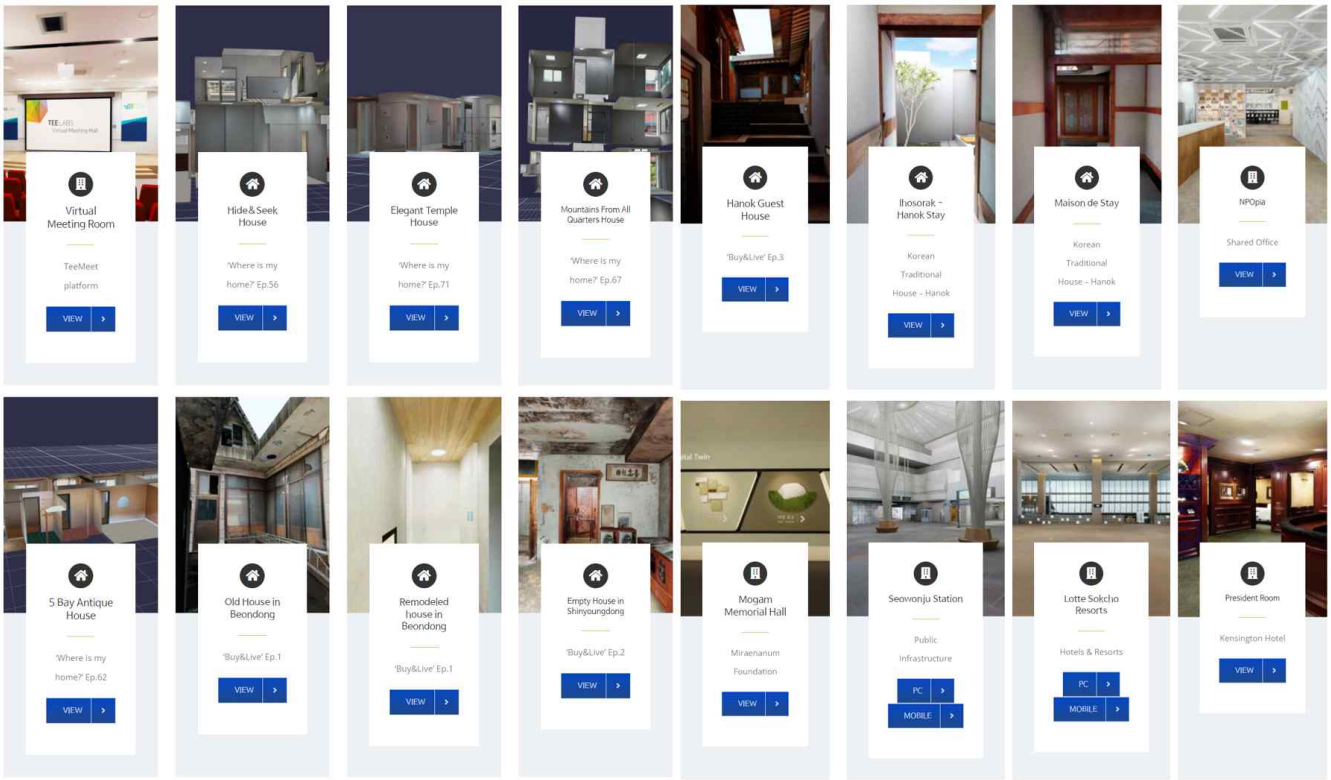


그림. 과제 완료 시기의 3D 모델링 수준

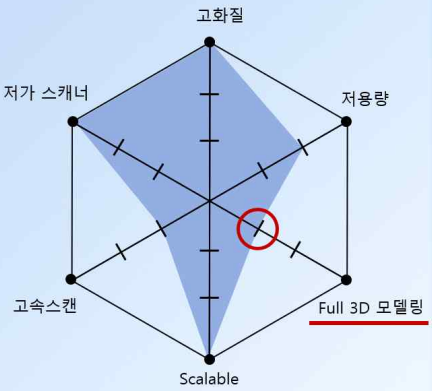
[고려대/티랩스에서 개발된 기법과 타 실내공간 모델링 기법의 LoD, 용량, 가격등에서의 장단점 분석]

① 현재 실재하는 실내공간 모델링 기술은 아래와 같음

- 실내공간을 표현하는 방식에 따라 360 VR, colored PCD, low quality modeling 으로 구분 할 수 있음.
- 360 VR은 여러 지점에서 촬영된 360도 이미지로 공간을 나타냄. 고프로, 인스타360과 같은 상용 360 카메라를 사용하며 별도의 모델링을 수행하지 않아 비용적 측면의 장점이 있음. 하지만 이미지를 촬영한 특정 지점으로만 이동이 가능하며, 3D 모델이 아닌 2D 이미지로 공간을 해석해야하기 때문에, 공간 구조 파악에 어려움이 있을 수 있음. 또한, 3D 모델의 부재로 사진, 동영상, 3D 캐릭터, 3D 제품 모델 등의 부가 자료를 탑재하는데 한계가 있을 수 있음.
- Colored PCD, 즉 색 정보가 포함된 점들의 집합으로 공간을 표현하는 방식의 경우, 고정밀 LiDAR를 이용한 3D 모델링을 기반으로 함. 3D 모델의 정확도가 높은 반면 고가의 스캐너가 필요하다는 단점이 있음. 단위 공간당 데이터 용량이 커, 데이터 처리 및 표현의 문제로 대형 공간 모델링에는 적합하지 않을 수 있음.
- Low quality modeling은 depth camera 등에 기반한 3D 모델링 결과를 활용하는 방식임. LiDAR 대비 상대적으로 낮은 단가의 스캐너가 사용되나, texture의 화질이나 3D 모델의 정확도가 떨어진다는 단점이 있음.

② 티랩스가 보유한 TeeVR 기술은 실사 3D 모델링이 가능한 유일한 기술임

- LiDAR 정보를 바탕으로 mesh 형태의 3D 공간 구조 모델을 생성함. 구조 기반 모델링 방식을 사용하여 공간 내 물체 추가 및 제거가 용이하며, 모델링 데이터의 용량이 작아 모델링 대상 공간의 크기 제약을 줄일 수 있음.
- LiDAR의 기하 정보와 함께 취득한 카메라의 이미지 정보를 3D 모델에 정합하여 실사 수준의 texture를 제공함.
- 해당 기술과 관련하여 국내 등록 2건, 국제 등록 5건, 국제 출원 3건의 특허를 보유하고 있으며, ISO 국제 표준화 DIS(Draft International Standard)의 최종 심사를 진행하고 있음. 2022년에 Draft International Standard로 공시될 것으로 예상됨.



< Company >CUPIX등 다수

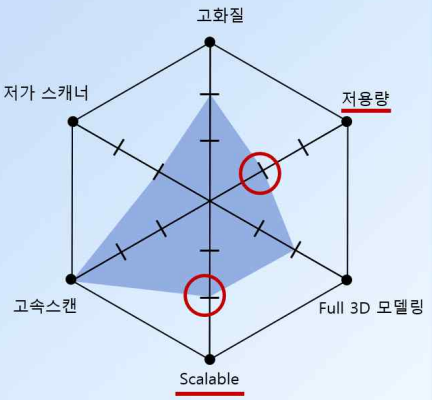
360 VR



- 현재의 적정기술
- 사진을 촬영한 POI (Point-of-Interest) 중심의 이동
- 모델링을 수행하지 않으므로 가치를 담을 수 없음

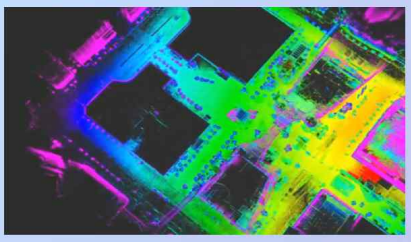






Trimble, Leica, Navis, etc

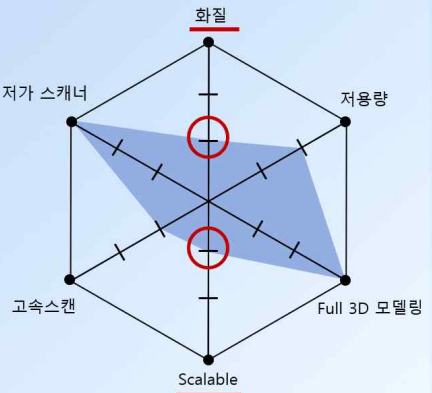
Colored PCD



- 용량이 너무 커서 데이터 처리를 위해 특수 개발된 PCD 처리 소프트웨어를 활용
  (e.g., Cyclon 3D (Leica 제품, 약 3천만원))





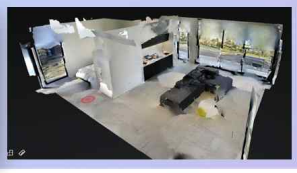



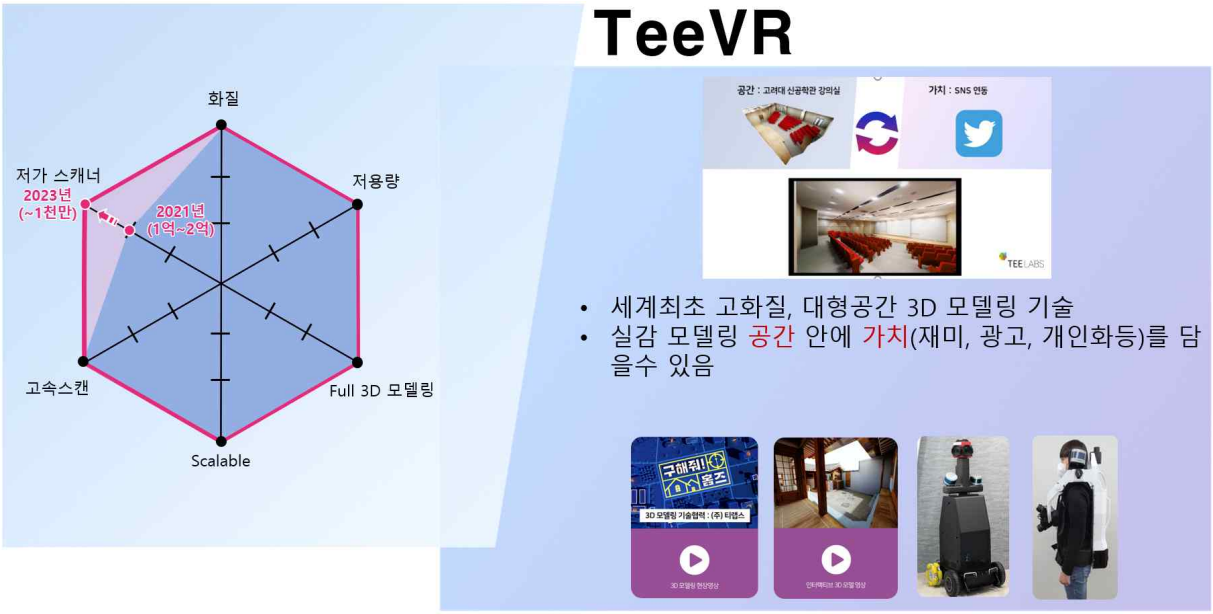
Matterport, GeoCV 등

Low Qual. modeling



- texturing된 image의 화질 및 mesh의 품질이 낮음
- 스캔 소요시간이 오래 걸림

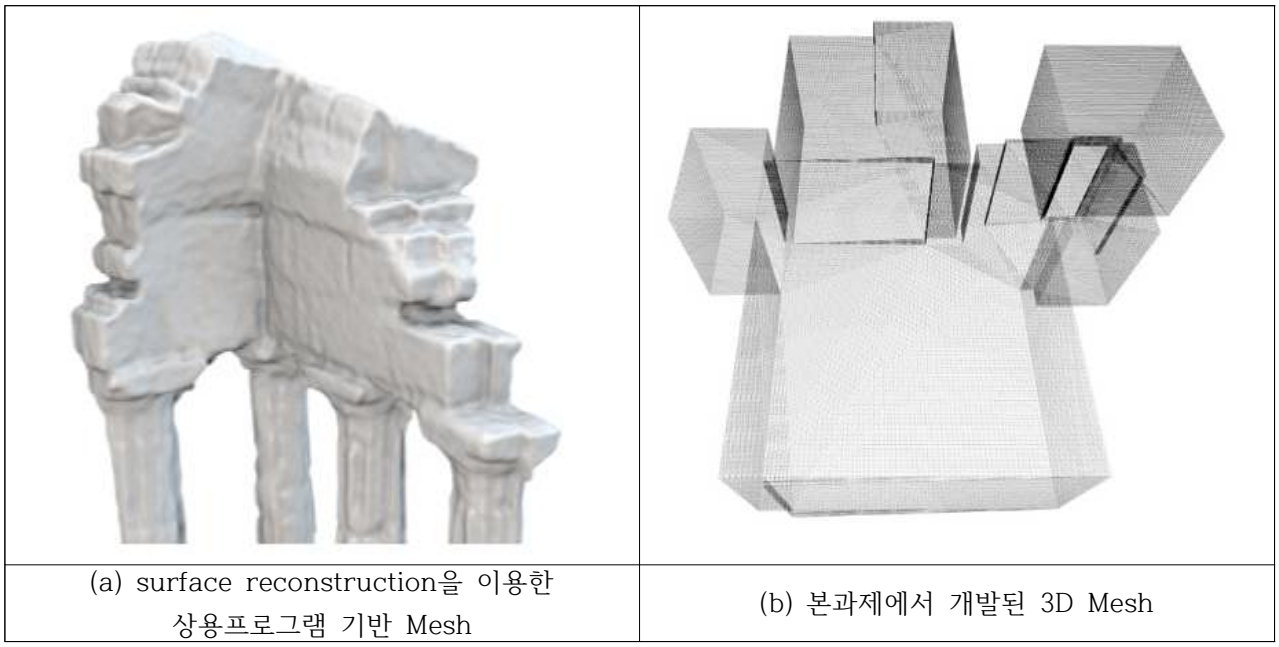





[그림 5] 실내공간 모델링 기술 비교

기존 3D Mesh 자동생성 프로그램은 취합된 point cloud들을 자동으로 연결하여 mesh를 만드는 surface reconstruction 방식을 취하고 있음 (아래 그림, left)

- 이 경우 실제 공간의 면적대비 생성되는 vertex의 수가 급증하고, 이는 실제로는 평면인 공간에 대해 울퉁불퉁한 텍스쳐 매핑이 수행되는 단점이 있을 뿐 아니라, vertex 수의 증가로 웹등의 환경에서 실시간 로딩도 불가능함
- 이에 surface reconstruction방법은 울퉁불퉁 한 환경도 자연스러운 석조건물등의 모델링을 고성능 컴퓨터 등에서 구현할때는 적절한 방법이나, 실내공간의 실감모델링에는 적절하지 않음
- 반면 본 과제에서 개발된 3D mesh 제작 방법은, point cloud의 오차를 최소화 하는 알고리즘을 도입하고, 공간별 최소화된 vertex만을 생성하므로, 실제 공간을 왜곡없이 표현할 뿐 아니라 Web등의 환경에서도 원활한 로딩 및 재생이 가능함



(a) surface reconstruction을 이용한 상용프로그램 기반 Mesh

(b) 본과제에서 개발된 3D Mesh

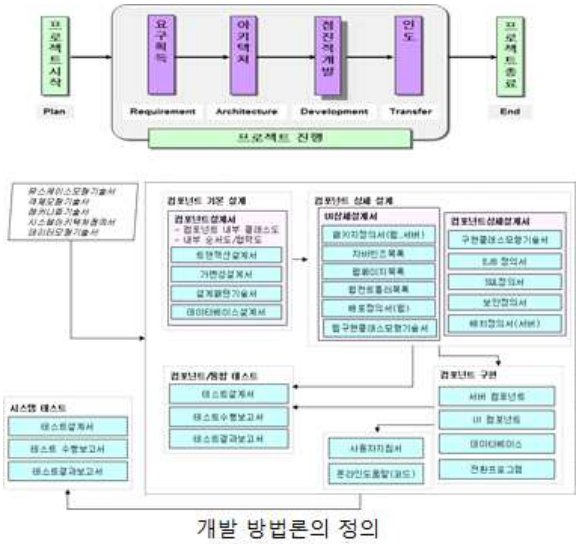
그림. 상용 프로그램 기반 Mesh와 본과제 연구개발결과의 비교

(다) 1-3 공동 (㈜신한항업)

[1차 연도]

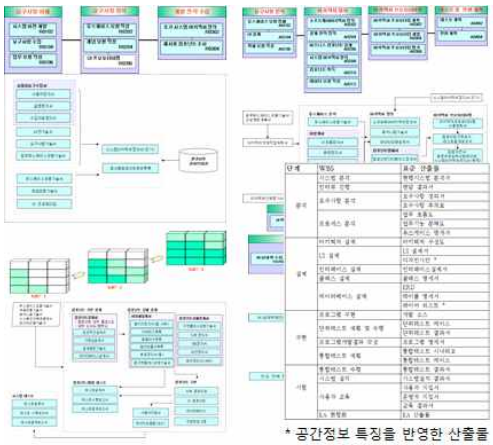
○ 사용자 참여형 실내공간정보 구축 기술 확보

- 실내공간 개발 방법론 설계
  - 기존 개발방법론의 현황 및 테일러링
  - 개발방법론 정의 및 특징



개발 방법론의 정의

- 개발산출물



* 공간정보 특징을 반영한 산출물

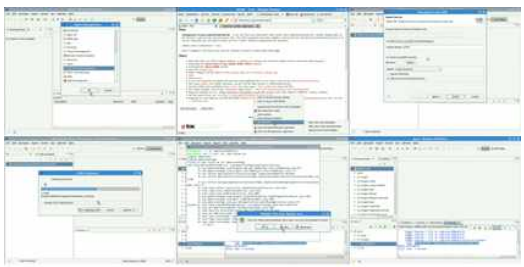
– 실내공간 개발 환경 구축

- JOSM Basic Manaul 조사
- JOSM Developers Guide 조사
- JOSM Developers Plugin Guide 조사



JOSM(Java OpenStreetMap Plugin)

- JOSM Developers Plugin 테스트 구축



JOSM 개발 환경 테스트 및 빌드



JOSM 실행 모습

[2차 연도]

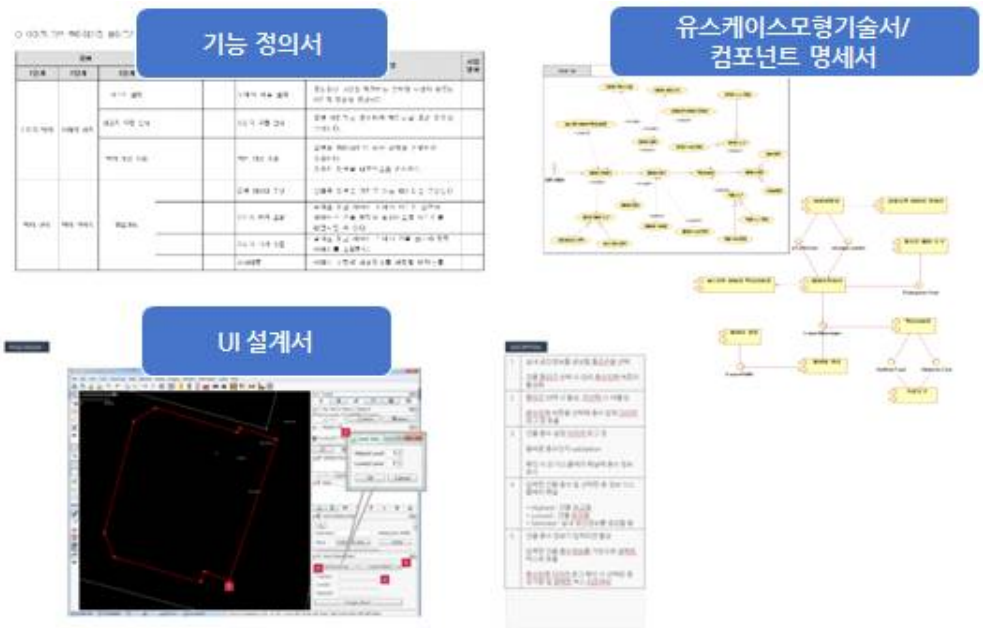
○ 도면 이미지 벡터라이징 기술 개발

- 이미지기반 벡터라이징 전처리(SW)

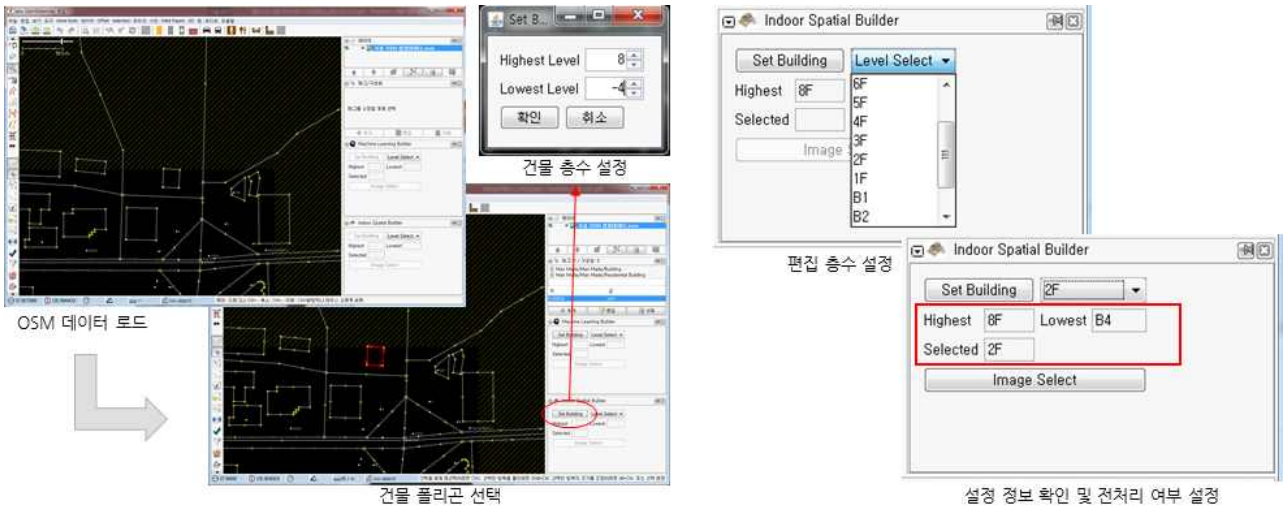
• 이미지 기반 벡터라이징 기술 조사

프로그램명	프로그램 타입	INPUT FORMAT	OUTPUT FORMAT	비고
autotrace	응용 프로그램	tga, pbm, pnm, pgm, ppm, bmp	svg, swf, dxf, pdf 등	-이미지 테스트 시 프로그램 오류 발생
potrace	응용 프로그램	pnm, pbm, pgm, ppm, bmp	svg, pdf, dxf, geojson 등	-변환 품질이 좋지 않음 -optimizing 불가
josm-vectorizer	JOSM 플러그인	-	-	-JOSM 구버전용으로 보이며 JOSM svn을 통해 이전 버전의 소스에 적용시켜 보았으나 호환되지 않음
imagetracerjava	jar	bmp, jpg, gif, png 등	svg	-변환 품질이 타 프로그램과 비교해 좋은 편 -outformat이 svg만 가능 -svg파일 컨트롤 이슈
geotools	java api	bmp, jpg, gif, png 등	SimpleFeatureCollection 객체	-output 핸들링이 쉬운편 -변환 품질이 좋지 않음 -프로그램이 무겁고 메모리를 많이 필요로 함

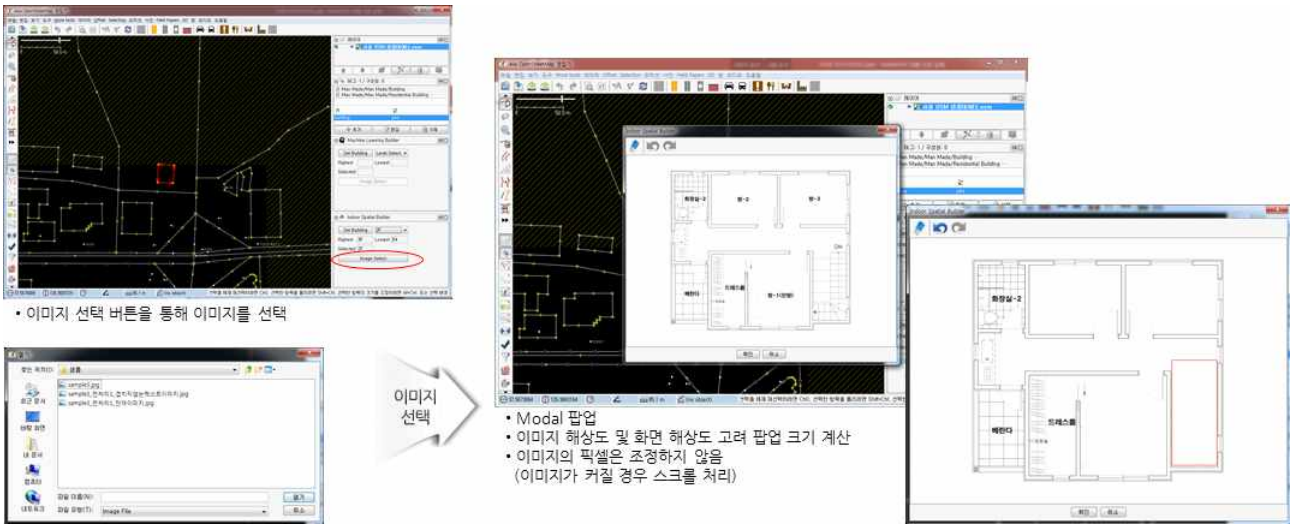
• 이미지 기반 벡터라이징 및 ML 기반 벡터라이징 기술 개발 설계
  - 이미지 기반 벡터라이징 및 ML 기반 벡터라이징 기술 개발을 위한 기능 정의
  - 기능을 바탕으로 유스케이스 모형 정의 및 컴포넌트 명세 설계
  - JOSM Plugin 개발을 위한 UI 설계



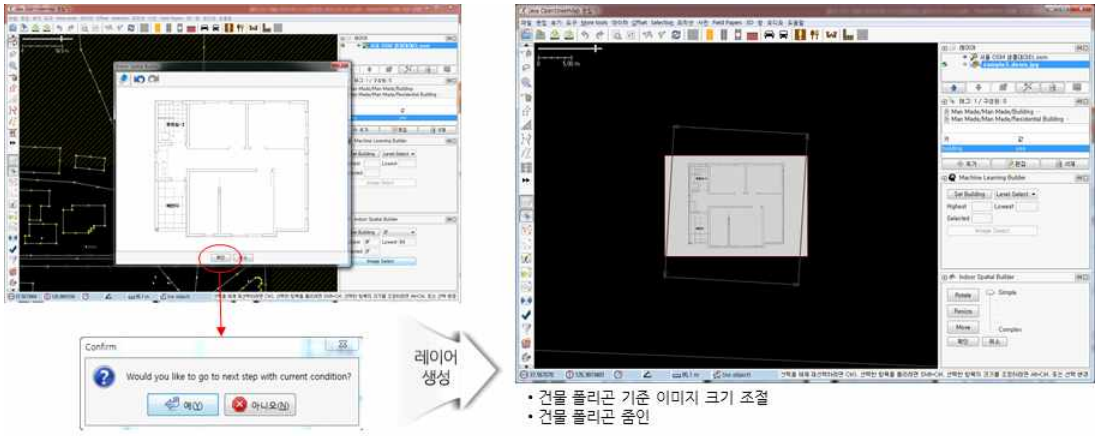
- 실내공간정보를 생성하기 위한 건물정보(층수) 편집 기능 개발
  - JOSM 레이어 기반 폴리곤 선택 기능 개발
  - 선택 활성화된 폴리곤 기반 건물정보(층수) 편집 기능 개발
  - 건물정보(층수) 설정에 따른 편집 층수 설정 기능 개발



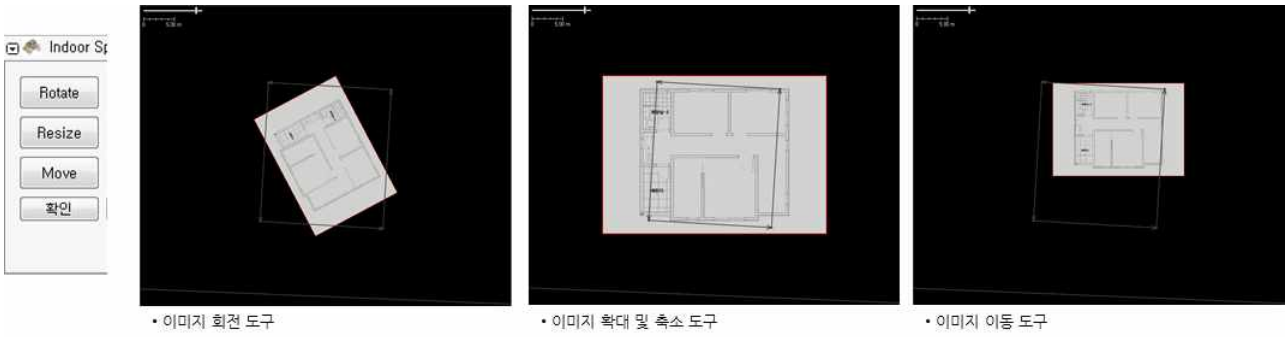
- 도면 이미지 전처리 기술 개발
  - 실좌표 매핑 전 도면 이미지의 불필요한 정보 제거를 위한 이미지 전처리 팝업 기능 개발
  - 마우스 드래그를 통한 영역 선택, 선택 영역 삭제, Un-Do, Re-Do 기능 개발
  - 이미지 일부를 분석하여 배경색을 도출하고 영역 삭제 시 분석한 배경색으로 이미지를 처리



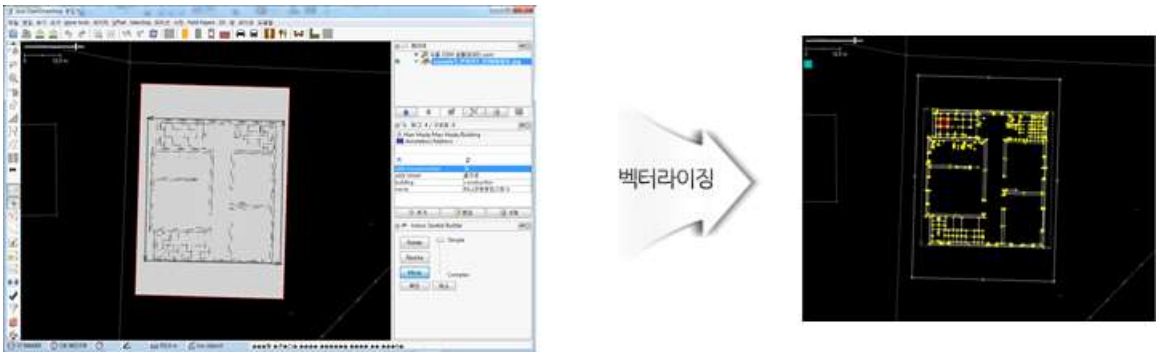
- 도면 이미지 로딩 기능 개발
  - 도면 이미지 기반 이미지 레이어 생성 기능 개발
  - 선택한 건물 폴리곤의 비율에 맞춰 이미지 생성 및 줌인 기능 개발



- 폴리곤 매칭 도구개발
  - 마우스 드래그를 통한 이미지 회전 기능 개발
  - 마우스 드래그를 통한 이미지 확대 및 축소 기능 개발
  - 마우스 드래그를 통한 이미지 이동 기능 개발



- 도면 이미지 벡터라이징 기술 개발
  - 오픈소스 기반 이미지 벡터라이징 기능 개발
  - 실 좌표를 할당하여 벡터레이어를 생성하는 기능 개발



- 벡터 저장 기술 개발
  - 벡터라이징 레이어를 GML 포맷으로 저장하는 기능 개발



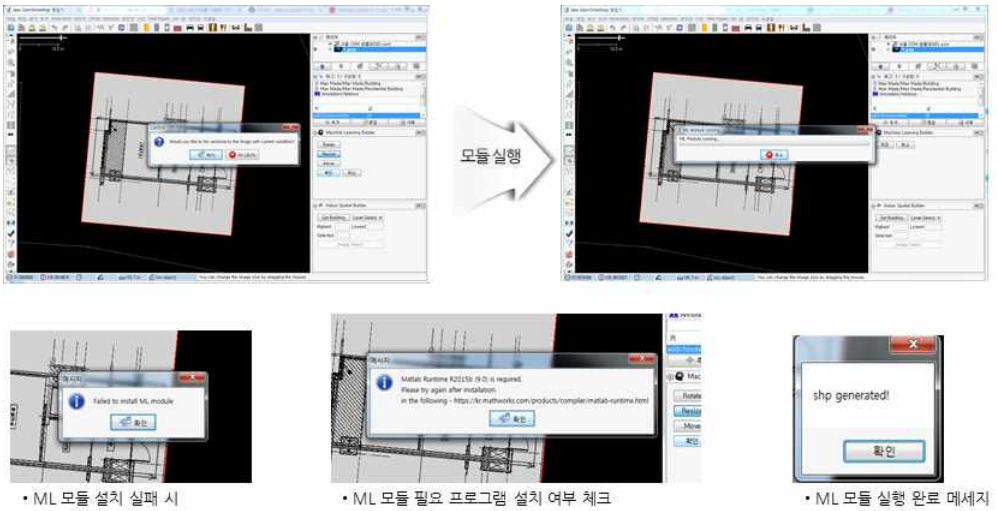
GML Export



Export된 GML 파일

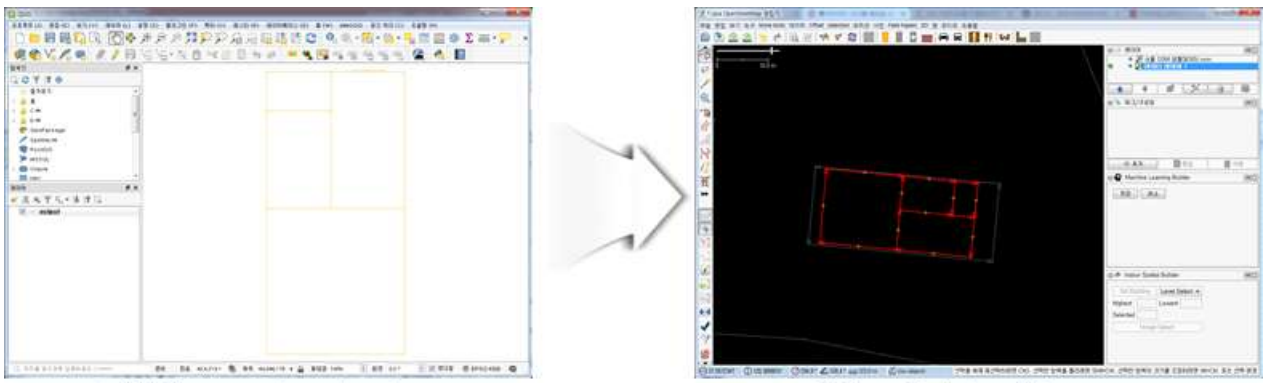
- ML기반 벡터라이징 전처리(SW)

- 서울대 ML 모듈 실행 기능 개발
- 모듈 오류 시 예외처리 기능 개발



• ML 모듈 설치 실패 시 • ML 모듈 필요 프로그램 설치 여부 체크 • ML 모듈 실행 완료 메세지

- ML 기반 벡터 로드 기술 개발
  - Shape 파일 파싱 기능 개발
  - 파싱된 SHAPE 데이터 기반 실 좌표 매핑 및 벡터레이어 생성 기능 개발



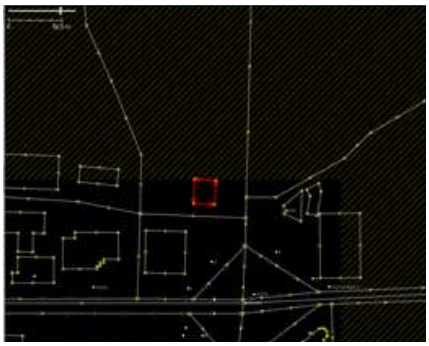
• ML 모듈 실행 완료 output(ESRI Shape) • SHAPE 파일 업로드 및 실 좌표 매핑

[3차 연도]

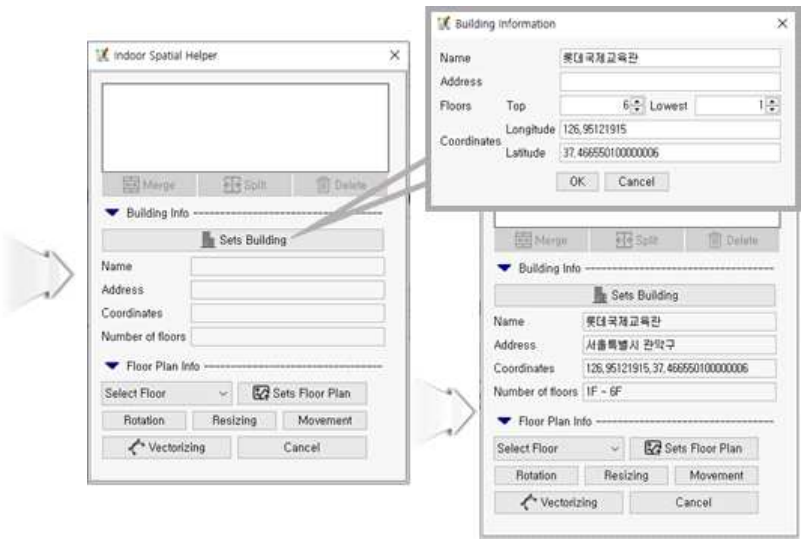
○ JOSM 오픈소스를 이용한 실내공간 재현을 위한 기술 개발

- 실내도면 기반 벡터라이징 및 도면 정제 기능 고도화

- 건물 속성 관리 기능 개발
  - OSM 데이터의 폴리곤 선택을 통해 건물 정보 팝업에서 건물 정보를 입력
  - 건물 정보 관리 객체를 통해 OSM 폴리곤의 건물명, 건물주소, 층 정보, 좌표정보 관리
  - 선택한 OSM 데이터에 건물명, 층 정보가 존재 시 건물 정보 팝업 호출 시 자동 설정
  - OSM 데이터를 선택 시 입력한 건물정보가 존재할 경우 가시화

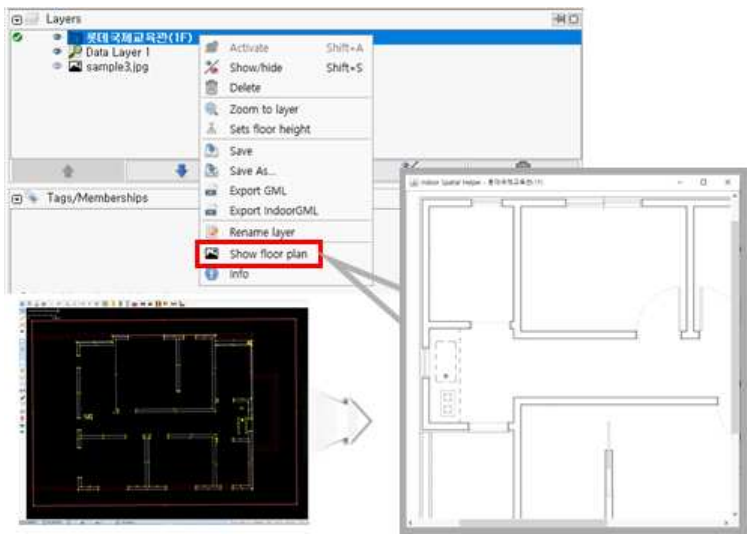


[OSM 폴리곤 선택]



[건물 정보 팝업을 통한 건물 정보 입력]

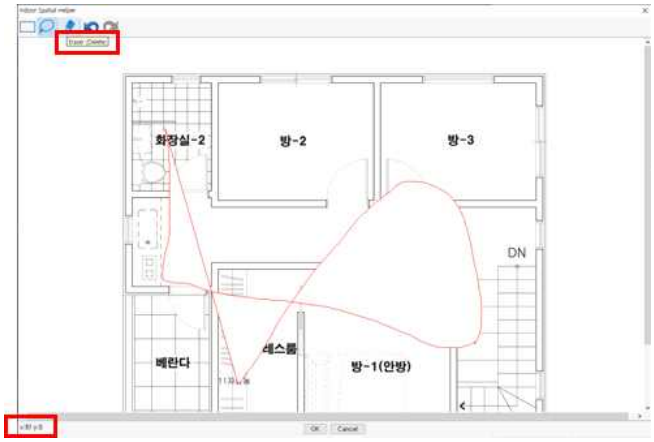
- 층별 도면 관리 기능 개발
  - JOSM Layers dialog에서 벡터레이어의 콘텍스트 메뉴를 통해 도면 이미지를 팝업으로 확인
  - 이미지 벡터화 실행 시 건물 정보 관리 객체가 대상 이미지를 내부적으로 저장 및 관리
  - Modeless 팝업으로 도면 이미지와 벡터 레이어를 비교 확인 가능



[콘텍스트 메뉴를 통한 벡터 레이어의 도면 조회]

- 도면 이미지 전처리 기능 고도화
  - 자유곡선 선택 모드 추가

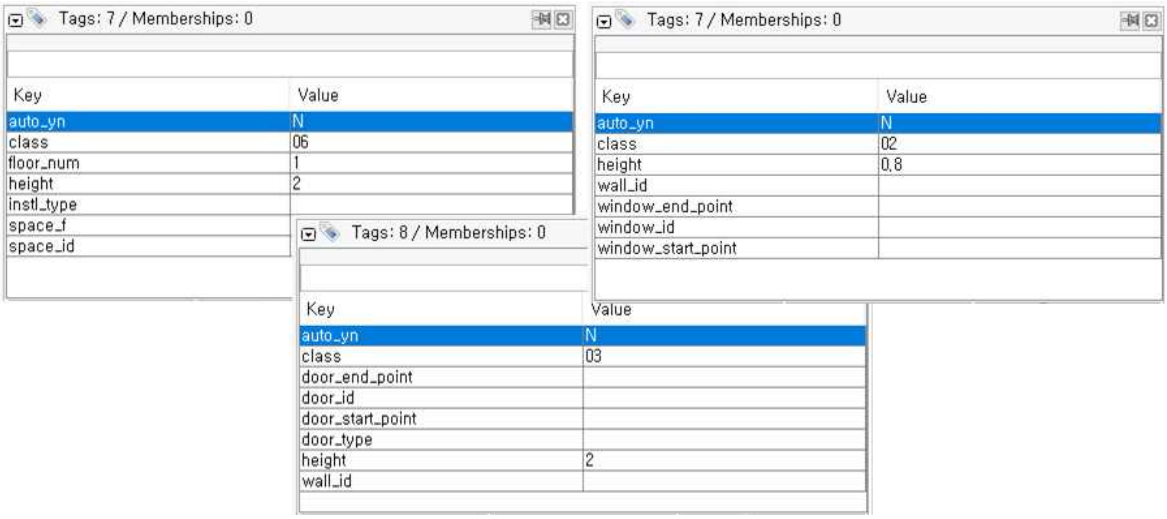
- 기능별 단축키 기능 추가 및 영역선택 편의성을 고려해 마우스 커서 변경(CROSS_HAIR)
- 좌측 하단 마우스 커서 위치의 도면 이미지 픽셀 좌표 정보 가시화



[도면 이미지 전처리 팝업]

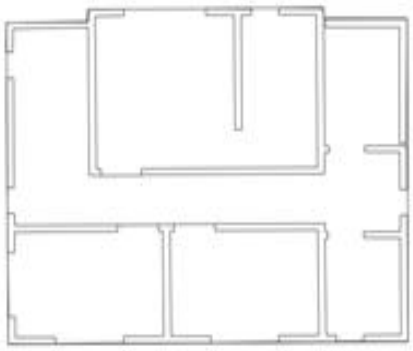
- 실내도면 내 3D 요소 속성 부여

- 오브젝트 구분 및 속성 관리
  - JOSM Tags 기능을 활용한 오브젝트 속성 관리
  - 벽체, 문, 창문, 공간 등 실내공간 오브젝트 별 고유 속성 관리
  - 오브젝트 종류 변경 시 해당 오브젝트 속성 키 값 부여(값은 사용자가 기입)

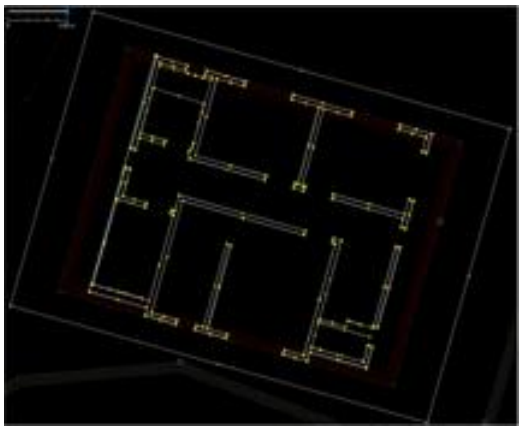


[오브젝트 고유 속성]

- 오브젝트 좌표계 정보 부여
  - 도면 이미지 매칭 정보를 통한 벡터화된 오브젝트에 실제 좌표를 부여
  - 벡터를 표출하고 편집하기 위한 벡터 레이어 생성 및 관리 기능 고도화



[도면 이미지]



[실제 좌표가 부여된 오브젝트]

- 실내도면 내 실내공간 위상 및 메타 정보 부여 기술 개발

- 도면이미지 제어 기능 고도화
  - 도면 이미지에 실제 좌표를 매핑하기 위한 회전, 확대, 축소 기능의 고도화
  - 각 이미지 컨트롤 액션 별 마우스 아이콘 이미지 교체를 통한 가시성 보완
  - 마우스 드래그 보정 값 변경을 통한 편의성 보완



[이미지 회전]



[이미지 확대/축소]

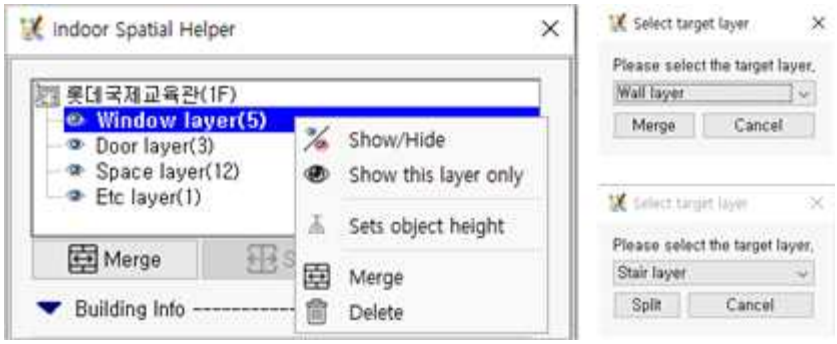


[이미지 이동]

- 오브젝트 레이어 관리
  - 오브젝트 단위 레이어 생성
  - 오브젝트 레이어별 병합/분리/삭제 기능
  - 레이어별 on/off 기능
  - 선택한 레이어만 보기 기능
  - 오브젝트 레이어별 높이 설정 추가



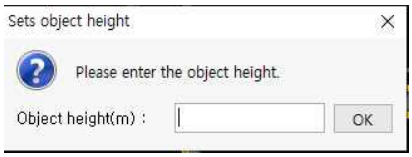
[오브젝트 레이어]



[오브젝트 레이어 병합, 분리, 삭제]

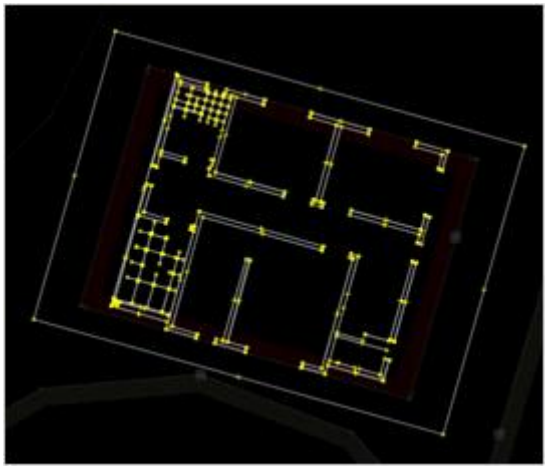


[오브젝트 레이어 Show/Hide 적용]



[오브젝트 레이어 높이 설정]

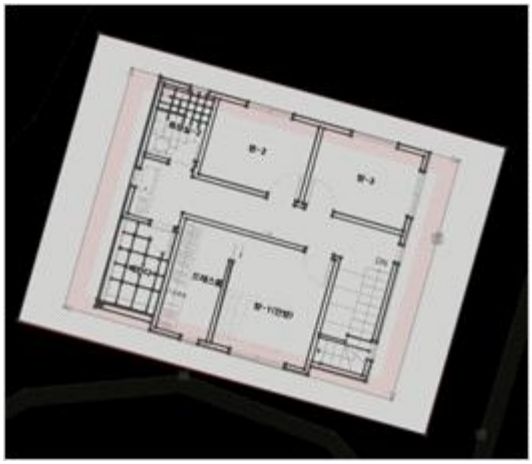
- 매칭 점 관리를 통한 층간 매칭 기능 개발
  - 사용자 작업으로 조정된 도면 이미지의 매칭 정보를 건물 별 관리
  - 매칭 점을 통해 추가적으로 등록되는 도면 이미지의 위치를 적용하는 기능 개발
  - 해당 건물의 도면 이미지 매칭 정보가 존재하는 경우 적용 여부 확인



[사용자에 의해 작업된 레이어]

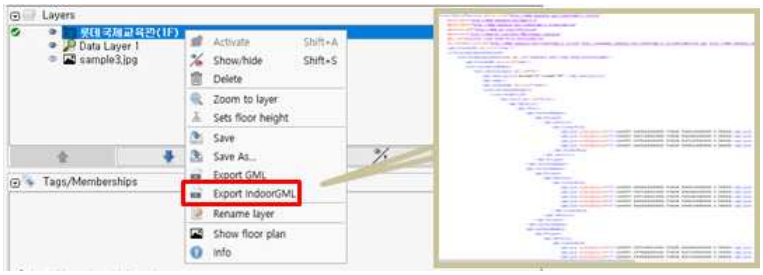


[매칭 점 적용 확인 창]

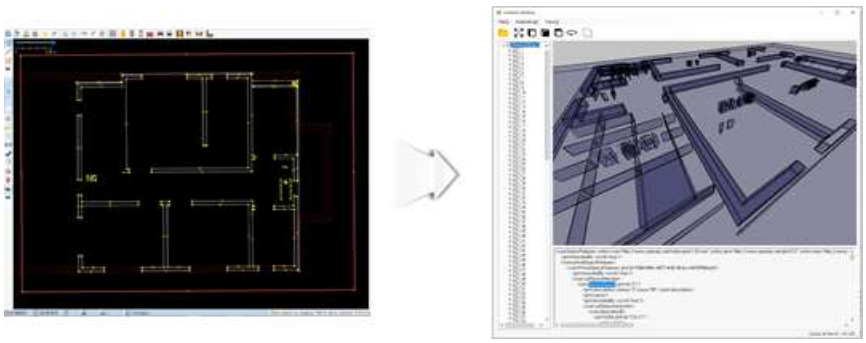


[매칭 점이 적용된 도면 이미지]

- IndoorGML 내보내기 기능 개발
  - 벡터 레이어의 오브젝트 타입에 따라 IndoorGML core Module 생성
  - 건물별/층별 IndoorGML 내보내기 기능



[IndoorGML 내보내기]



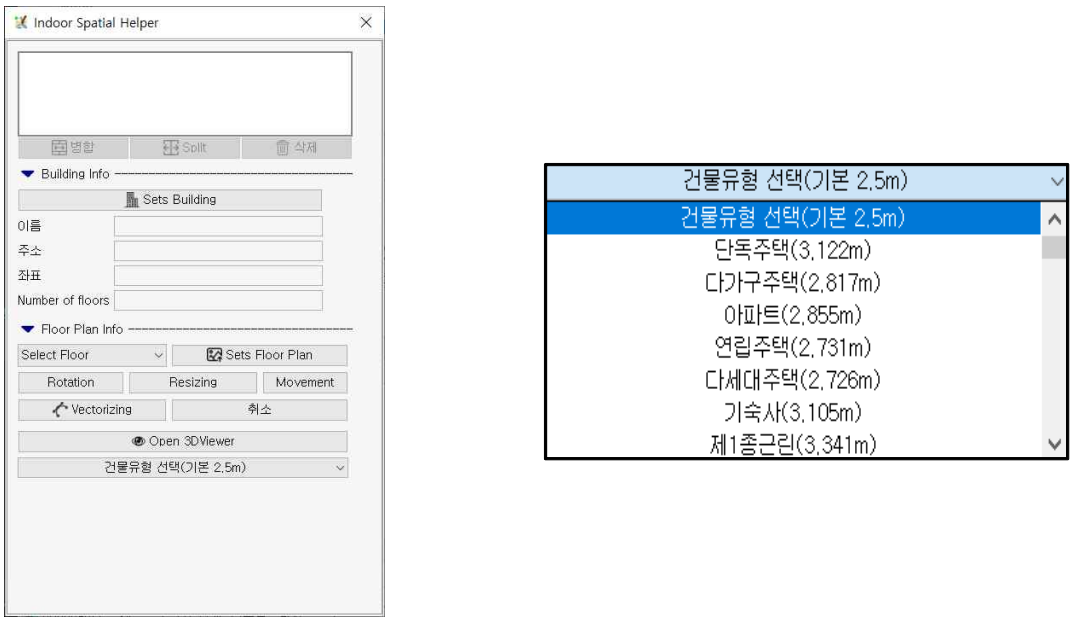
[IndoorGML 가시화]

[4차 연도]

○ JOSM 오픈소스를 이용한 3D 뷰어 개발

- 층고 값을 이용한 3차원 모델 구현

- 건물 층고 높이 적용 기능 개발
  - 건물 유형별 층고 값(서울대 제공)을 참조 하여 사용자가 층고 값을 선택하여 건물 층고 값 적용

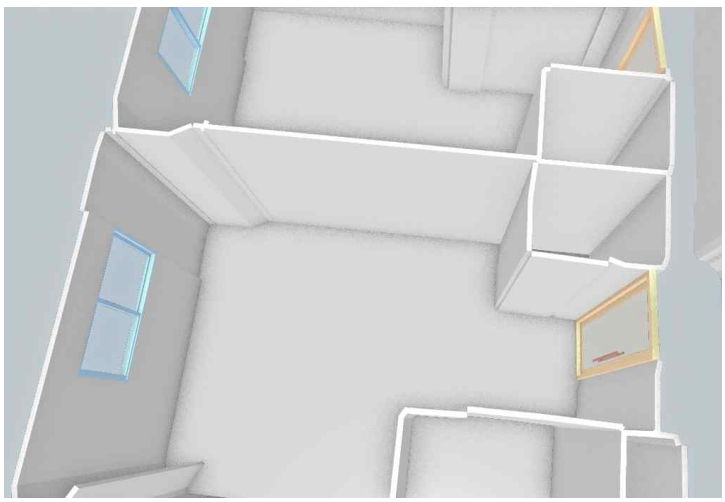


[벡터라이징을 하기 전 사용자가 미리 정의된 층고 값을 선택하여 층고 값 지정]

- 여러층의 표현 기능 개발
  - 사용자가 설정한 층고 값을 활용하여 여러층의 표현 기능 개발

- 실내공간 구성요소 3차원 오브젝트제작

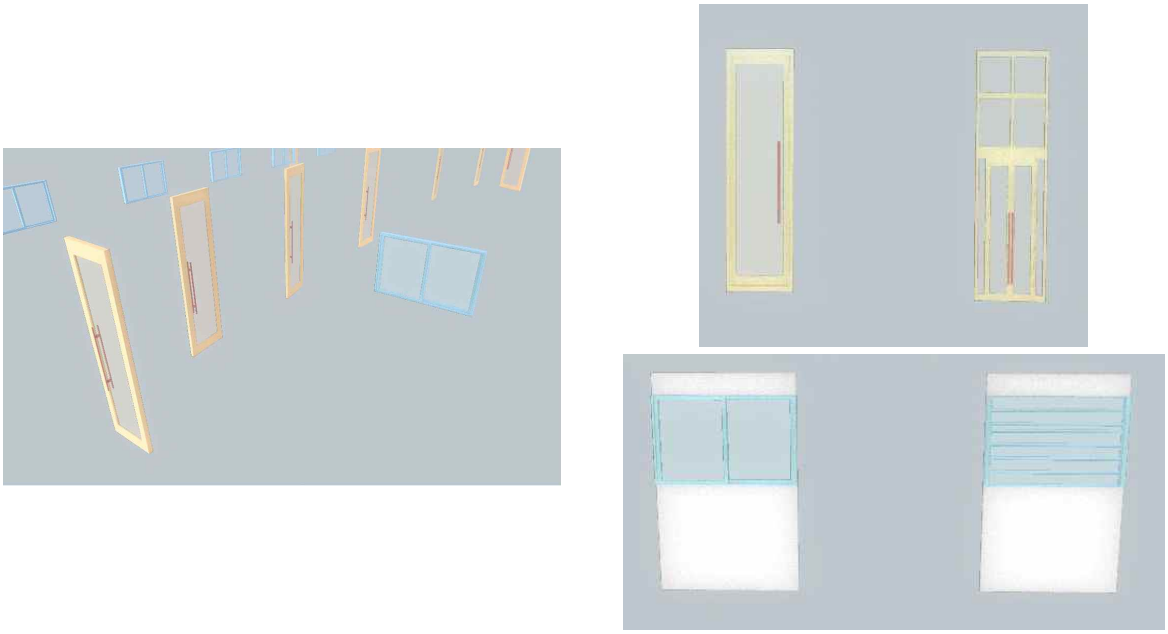
- 벽체 바닥 표현
  - ML 기반 벡터라이징으로 생성한 데이터를 활용하여 벽체와 바닥을 표현
  - 벽체의 경우 도면에서 두께를 알 수 없어 임의의 값으로 두께를 표현



[3D 뷰어에서 표현한 벽체, 바닥]

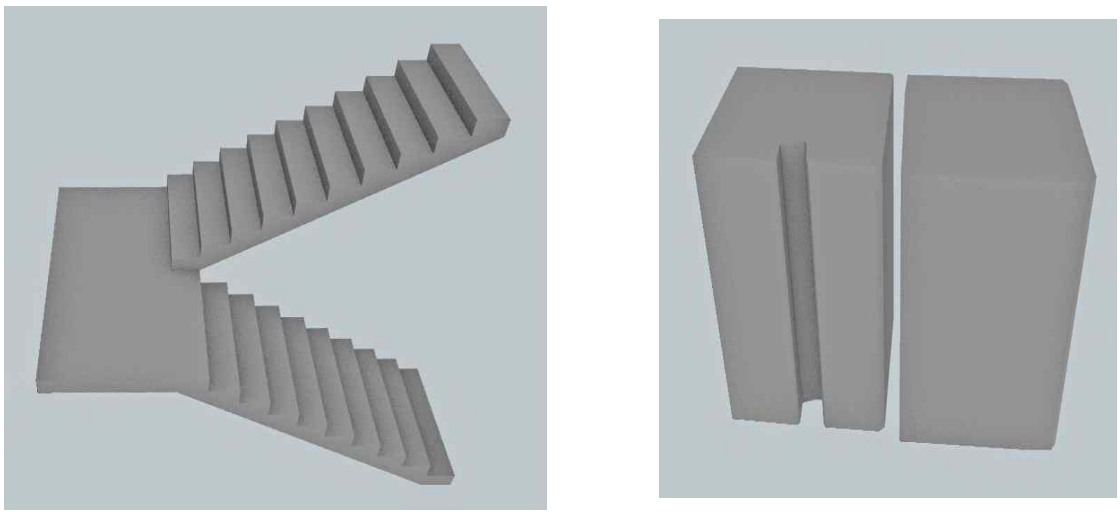
- 문, 창문 표현
  - ML 기반 벡터라이징으로 생성한 데이터를 활용하여 문, 창문을 표현

- 문, 창문의 모양은 템플릿을 활용하여 모양을 변경



[3D 뷰어에서 표현한 벽체, 바닥]

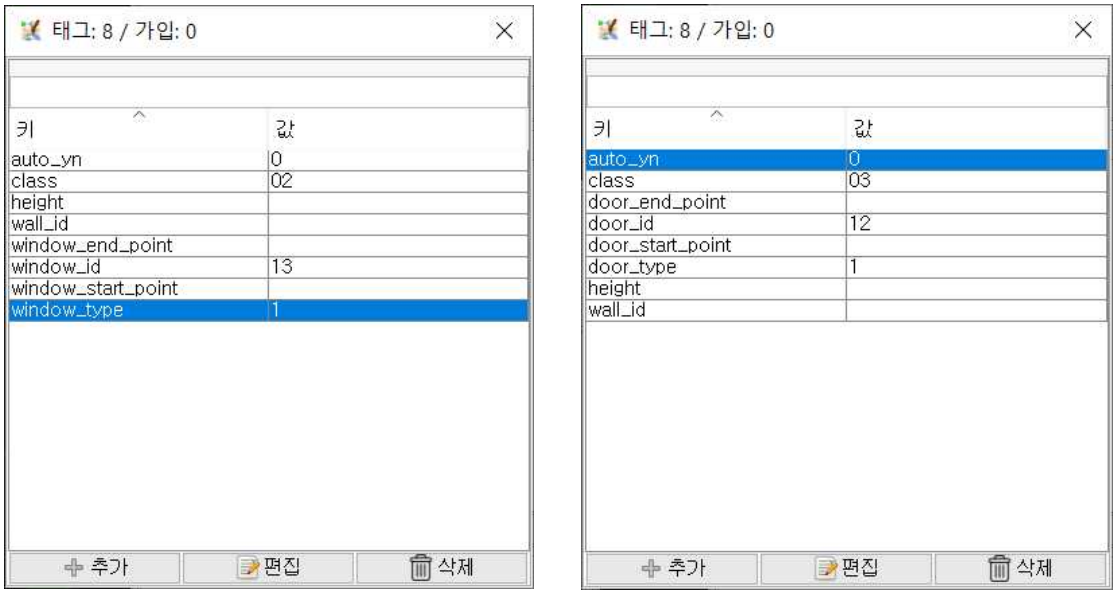
- 엘리베이터, 계단 표현
  - ML 기반 벡터라이징으로 생성한 데이터를 활용하여 엘리베이터, 계단을 표현
  - 계단의 경우 모양이나 단수를 도면 이미지만으로 알 수 없어 임의로 표현
  - 엘리베이터는 하나의 공간으로 표현



[3D 뷰어에서 표현한 엘리베이터, 계단]

- 실내공간 구성요소 특징 속성 부여

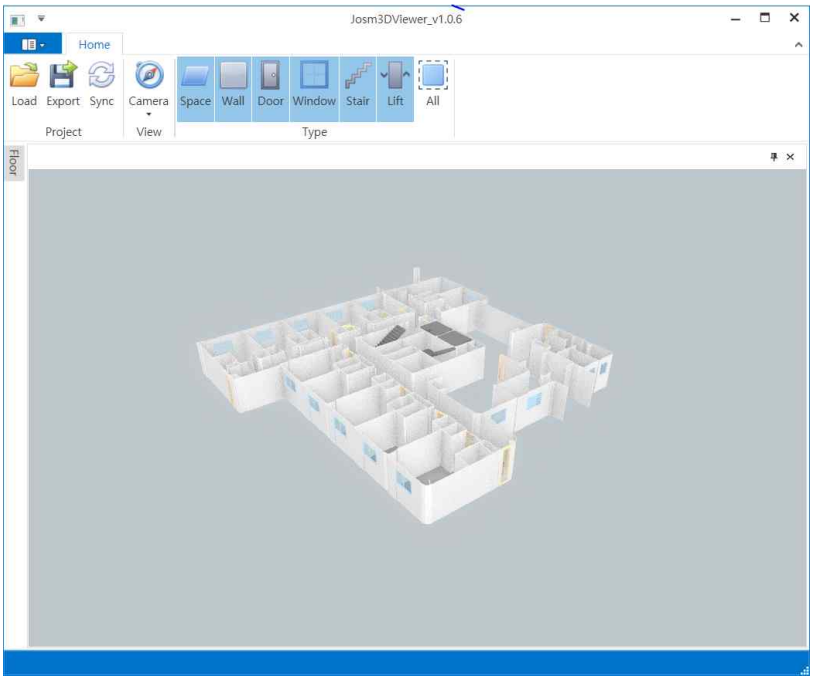
- 오브젝트별 특성 부여 기능 개발
  - 오브젝트에 맞게 특성 부여 기능 개발
  - 문, 창문의 경우 템플릿을 설정 할 수 있는 속성 부여



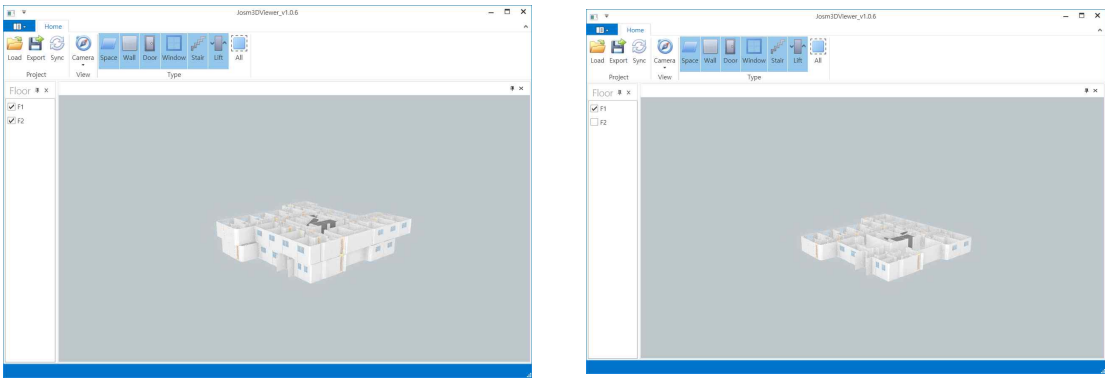
[오브젝트 속성 설정]

- JOSM 플러그인 기반 3D뷰어 개발

- 3D뷰어 개발
  - 오브젝트 선택 기능
  - 오브젝트별 On/Off 기능
  - 층별 보기, 전체 보기 기능
  - 카메라 회전, 확대, 축소 이동 기능
  - 문, 창문 템플릿 적용 기능
  - 계단, 엘리베이터 그리기 기능
  - 미리 정의된 층고 값 일괄 적용 기능
  - JOSM 연동 수정 데이터 3D 뷰어에서 변경 기능
  - 3D 형식 파일 내보내기 기능



[3D 뷰어]



[3D 뷰어 층별 표현]

[5차 연도]

○ OLU(OpenLevelUp) 환경의 3D 실내공간 뷰어 플러그인 개발

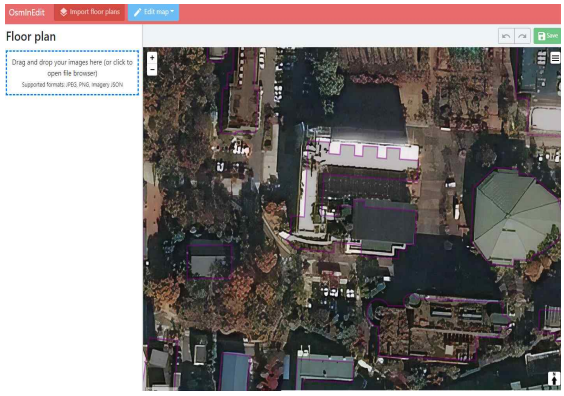
- OLU기반의 실내공간 3D뷰어 개발

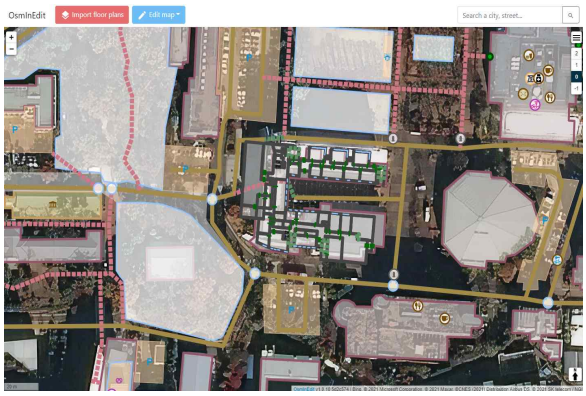
• OLU 데이터 분석

  - 서울대와 함께 OSM 데이터를 OLU 환경에 표출하기 위하여 데이터 분석

• OLU 환경 데이터 표출

  - OSM 데이터를 OLU 환경에 표출

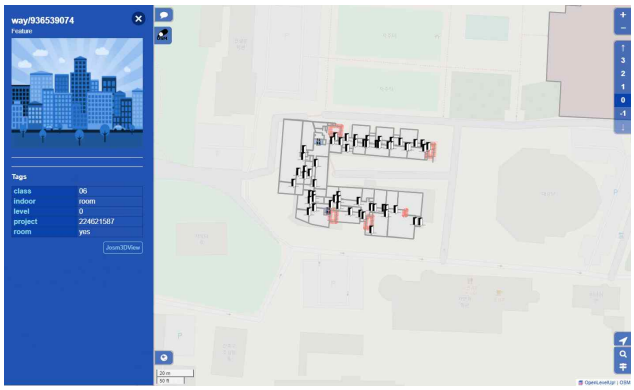


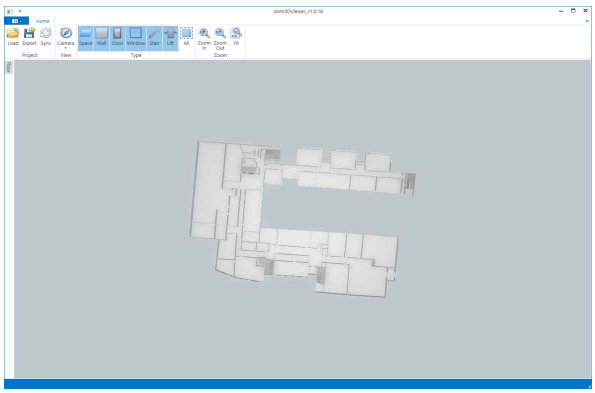


[OLU환경에 OSM 데이터 표출]

- OLU 데이터 3D 표출

  - OLU 환경 데이터를 3D 뷰어에서 표현



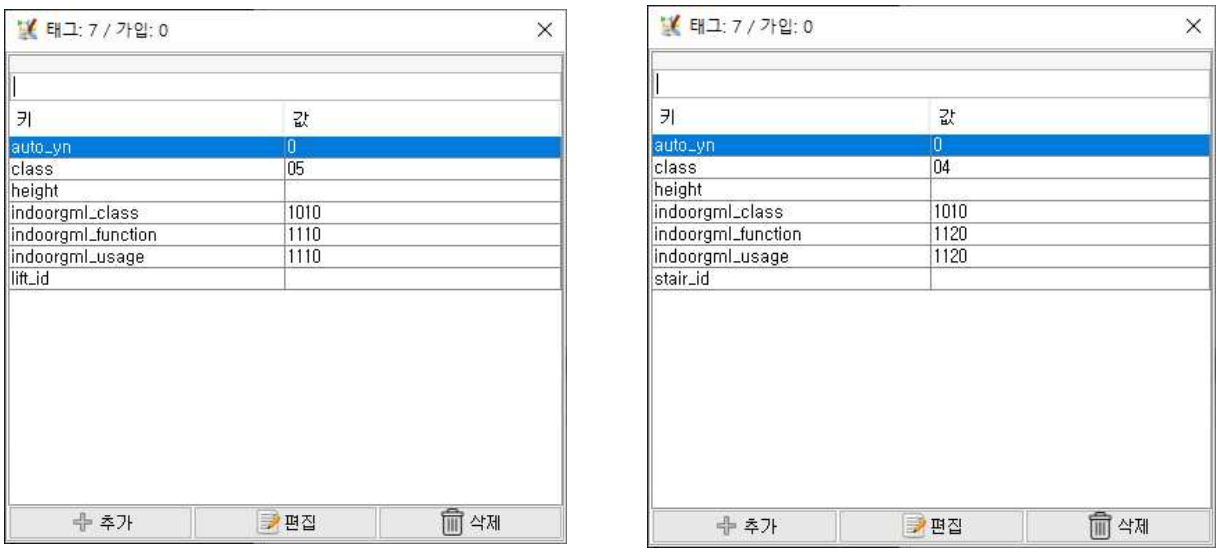


[OLU 데이터 3D 표출]

– 도면 이미지를 기반으로 구축한 실내공간 기하, 의미정보와 IndoorGML 등의 표준 포맷 변환 기능 개발

- IndoorGML 속성 부여

  - IndoorGML에서 사용되어지는 속성을 ML모듈에서 자동으로 입력됨과 동시에 사용자가 속성을 직접 입력 할 수 있도로록 속성 부여



[IndoorGML 속성]

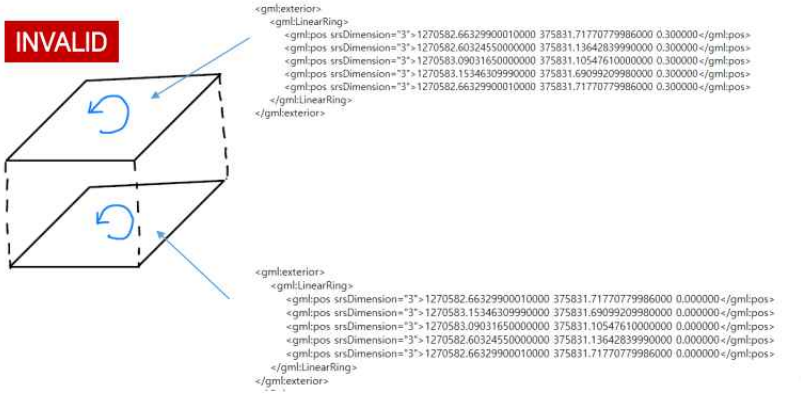
- IndoorGML 형식 및 좌표 변환

  - 서울대에서 분석한 IndoorGML 형식에 맞추어 Export 기능 수정 및 val3dity를 활용하여 애러 수정
  - 층 정보와 관련하여 level 용어 사용하도록 변경

```
<!-- ========== -->
<xs:complexType name="CellSpaceType">
  <xs:complexContent>
    <xs:extension base="gml:AbstractFeatureType">
      <xs:sequence>
        <xs:element name="cellSpaceGeometry" type="CellSpaceGeometryType" minOccurs="0" maxOccurs="1"/>
        <xs:element name="duality" type="StatePropertyType" minOccurs="0" maxOccurs="1"/>
        <xs:element name="externalReference" type="ExternalReferenceType" minOccurs="0" maxOccurs="unbounded"/>
        <xs:element name="partialboundedBy" type="CellSpaceBoundaryPropertyType" minOccurs="0" maxOccurs="unbounded"/>
      </xs:sequence>
    </xs:extension>
  </xs:complexContent>
</xs:complexType>
<!-- ========== -->
```

```
<!-- ========== -->
<xs:complexType name="CellSpaceType">
  <xs:complexContent>
    <xs:extension base="gml:AbstractFeatureType">
      <xs:sequence>
        <xs:element name="cellSpaceGeometry" type="CellSpaceGeometryType" minOccurs="0" maxOccurs="1"/>
        <xs:element name="duality" type="StatePropertyType" minOccurs="0" maxOccurs="1"/>
        <xs:element name="externalReference" type="ExternalReferenceType" minOccurs="0" maxOccurs="unbounded"/>
        <xs:element name="partialboundedBy" type="CellSpaceBoundaryPropertyType" minOccurs="0" maxOccurs="unbounded"/>
        <xs:element name="level" type="xs:string" minOccurs="0" maxOccurs="unbounded"/>
      </xs:sequence>
    </xs:extension>
  </xs:complexContent>
</xs:complexType>
<!-- ========== -->
```

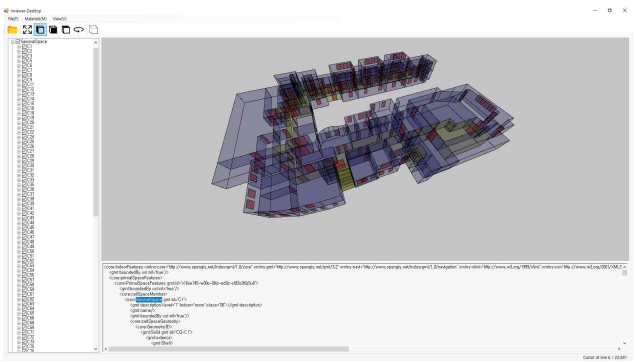
  - 윗면과 아랫면의 표현을 위하여 생성 형식을 변경



- General space와 Transiton space의 Cell id 중복 수정
- 창문, 문의 높이 표현 변경 및 좌표 변환



기존 IndoorGML



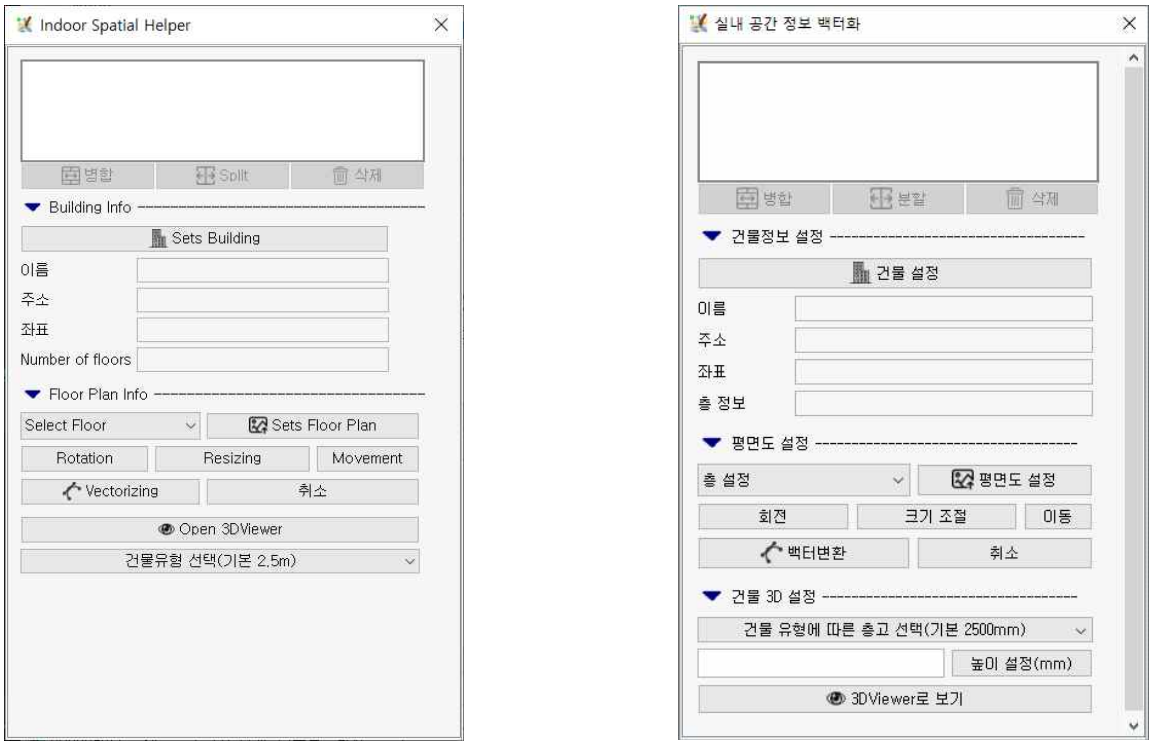
수정 IndoorGML

[InViewer 비교]

- 서비스 안정화 및 고도화

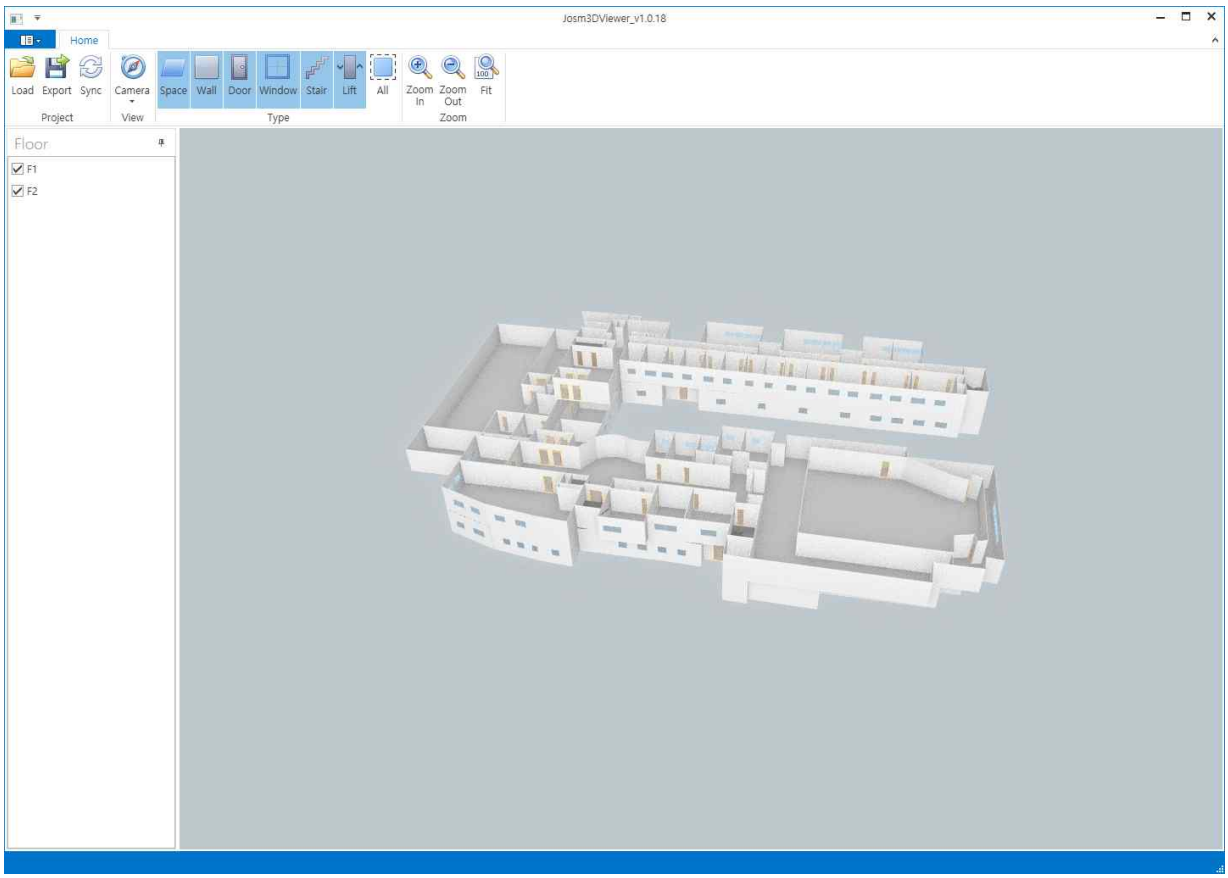
- 안정화 및 고도화

  - 사용자 환경을 고려하여 ML 모듈을 JOSM Plugin 통합 및 GUI 개선



[JOSM Plugin GUI 개선 모습]

- 사용자 테스트를 통한 3D 뷰어 업데이트

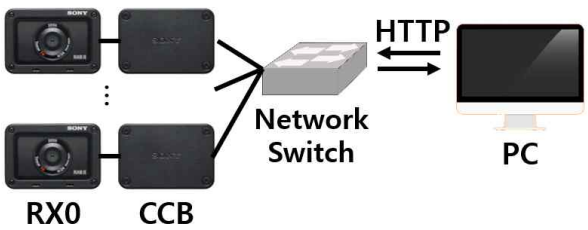


(라) 1-4 공동 (티랩스)

연구 범위	연구 수행 방법(이론적 • 실험적 접근방법)	구체적인 내용
• 카메라 융합형 개인화된 배낭형 센서 시스템 시작품 제작	• 이벤트 카메라, RGB 카메라 및 LiDAR 센서 별 FoV(Field of View), 센서 간 간섭 등을 고려한 배치 가능 범위 분석 • 실내공간에서의 이동 편의를 위한 배낭형 디자인 도출	• Sony Camera Control Box의 자체 제공 웹 인터페이스를 역설계하여 백팩에 사용된 Sony RX0 Camera Interface 개발 • GUI 기반 스캔 시스템 개발을 통해서 SCAN 작업의 난이도 감소 • 백팩 시제품 테스트 수행 • 다양한 환경, 시나리오별 테스트 케이스 분석을 통해서 백팩형 시스템 필요성 분석 • 백팩시스템의 특성을 고려하여 실감지도를 렌더링하고 수정이 가능한 에디터 개발
• 저비용/고정밀 실내공간정보 구축 기술 상용화	• 연산 효율 향상을 위한 프로그램 최적화 • 상용화를 위한 프로그램 패키지화	• 데이터 구조화 및 관리 서버를 운영하여 데이터 관리의 용이성 및 각 모듈간 인터페이스 연동이 효율적인 구조 제공 • 웹기반 시각화 모듈을 개발하여 실내공간지도 중간 생성물 및 실내공간지도를 확인 가능 • 실감지도 작성 모듈을 유저가 통합적으로 사용 관리할 수 있는 GUI 기반 Tool 개발

[카메라 융합형 개인화된 배낭형 센서 시스템 시작품 제작]

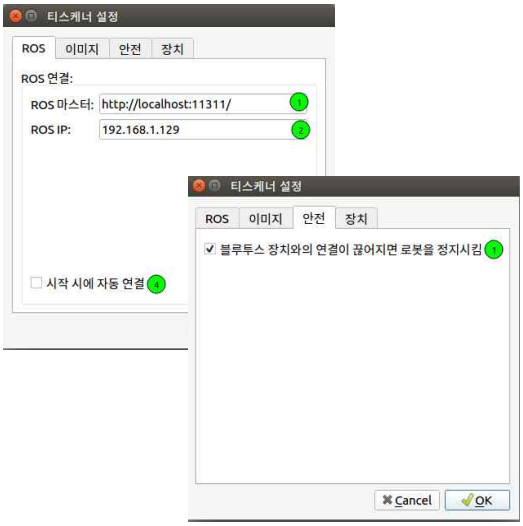
- Sony RX0 Camera Interface 개발
  - Sony Camera Control Box (이하 CCB)의 자체 제공 웹 인터페이스를 역설계
  - 사진 찍기, 연속 촬영, 동영상 촬영, 카메라 설정(Shutter speed, ISO값 등)



- GUI기반 스캔시스템 (TeeScanner)
  - 스캔을 수행할 때, 터미널을 이용한 Script 실행으로 작동이 이루어져 일반 유저가 설정 및 사용에 어려움이 존재하였으나 GUI에 기반한 TeeScanner를 개발하여 그와 같은 문제를 해결
  - TeeScanner의 센서부 연결 및 제어 등을 GUI를 통해서 제공함으로써 관련 교육을 받지않은 유저들도 쉽게 사용이 가능해짐
  - 각 센서부 및 제어 동작부의 이상이 발생할 시에 사고를 방지하기 위한 기능도 탑재



[TeeScanner GUI]



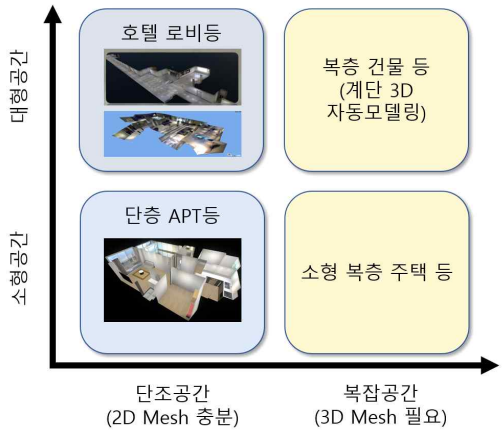
[TeeScanner Preference]

- 백팩 시제품 테스트
  - 백팩 시제품의 각 기능 및 동작 여부 테스트
  - 공학적 측면에서 사용성, 안정성, 효율성 등 다양한 조건을 만족



[백팩 시스템 테스트]

- 다양한 환경, 시나리오별 테스트 케이스 분석

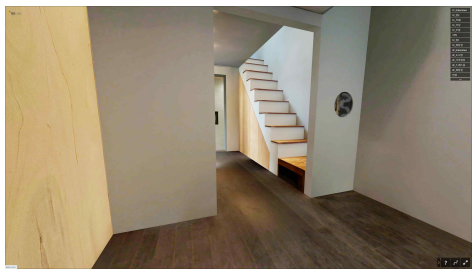


- 공간을 평면의 단조조합을 통해 재구성이 가능한 공간(단조공간)과 계단/복합 형상 등의 구조로 구성된 공간(복합공간)으로 분류 가능
- 공간을 크기에 따라서 소형공간과 대형공간으로 분류 가능

- 소형&복잡 공간 예
  - 주택으로 소형 공간이나 계단으로 나뉘어진 복층 구조로 인하여 로봇의 운행이 용이하지않은 구조
  - 백팩 시스템을 사용한다면 효율적으로 모든 공간에 대한 데이터 취득이 가능
  - 3D Box기반의 Mesh 모델링을 활용하여 계단의 자동화 및 효율적 모델링이 가능

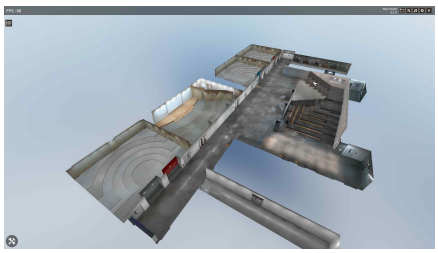


[전경]

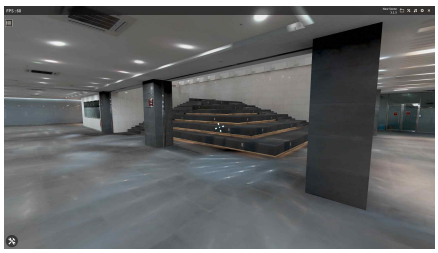


[내부]

- 대형&복잡 공간 예
  - 대형 공간에 계단으로 이동하는 복층 구조의 공간으로 일부 구간별 로봇으로 데이터를 취득하는 것은 가능하나 한번에 전체 데이터 획득이 힘든 구조
  - 백팩 시스템을 사용하면 일반적으로 실내용 로봇보다 빠르게 데이터 취득이 가능하며 계단 등으로 인하여 로봇의 접근이 용이하지않은 구역에도 데이터 취득이 가능
  - 3D Box기반의 Mesh 모델링기법을 사용하여 상대적으로 복잡한 구조물 또한 자동화 모델링이 가능



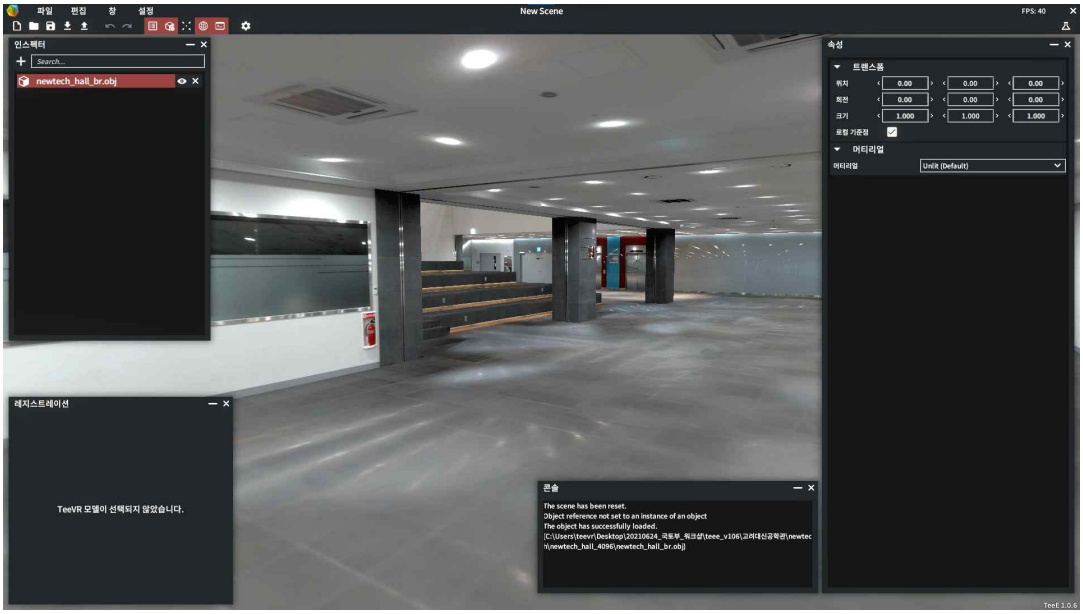
[전경]



[내부]

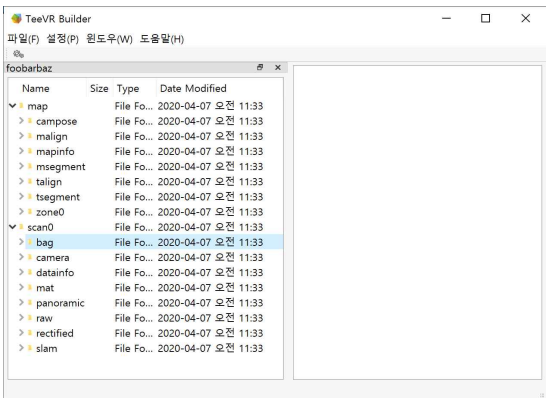
- TeeE
  - 다수의 스캔시스템(로봇, 백팩 등)으로 취득-가공된 데이터를 기반으로 각 시스템별 특성을 고려하여 실감지도를 렌더링하고 사용자 조작을 통해서 수정 및 관찰할 수 있는 기능을 제공하는 에디터.
  - 다수의 3D 모델을 수정 및 병합하여 범용 포맷(IndoorGML, OBJ) 등으로 Export 할 수 있는 기능을 제공하여 ㈜티랩스의 실감지도를 범용적으로 사용가능하게 함.

- 여러 3D 모델과 조명 등의 요소를 자유롭게 배치하여 원하는 형태의 장면을 생성 가능
- ‘TeeE’에 대해서 KTL 인증을 수행.

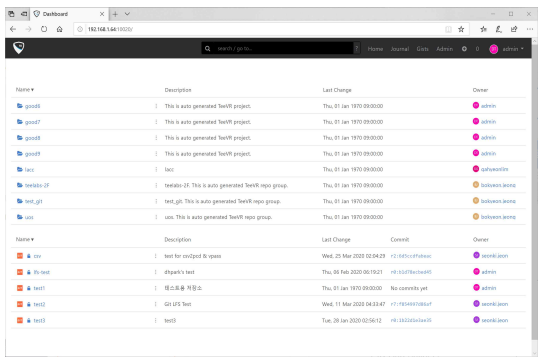


[저비용/고정밀 실내공간정보 구축기술 상용화]

- 데이터 구조화 및 관리 서버 운영
  - 실내공간지도 구축과정에서 생성되는 전체 데이터들을 구조화하여 데이터 관리의 용이성과 각 모듈 간 인터페이스 연동에 효율적인 구조 제공
  - 원격 데이터 관리 서버를 운영하여 모든 작업자들이 동일한 데이터를 공유
  - 데이터 저장에 버전 관리 시스템을 운영하여 데이터의 변경 이력 등을 보다 체계적으로 관리



[3D Map Builder]

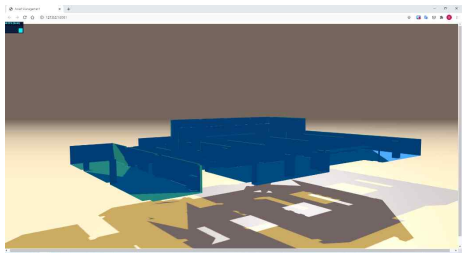


[Data Repo Server]

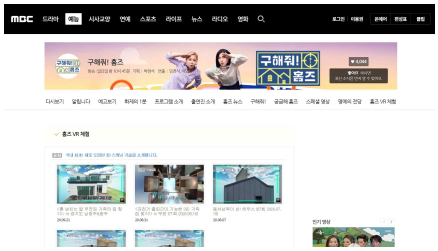
- 웹기반 시각화 모듈
  - 웹을 기반으로 실감지도 작성의 중간결과물 및 최종결과물을 관찰 가능
  - 이를 활용하여 `MBC 구해줘 홈즈`에 3D 실감지도 뷰어를 제공 (http://www.imbc.com/broad/tv/ent/WhrereisMyHome/vr/)



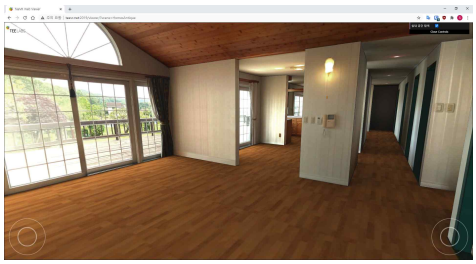
[중간결과물(PCD) 시각화 - H사 1층 조감]



[중간결과물(PLY) 시각화 - H사 1층 조감]

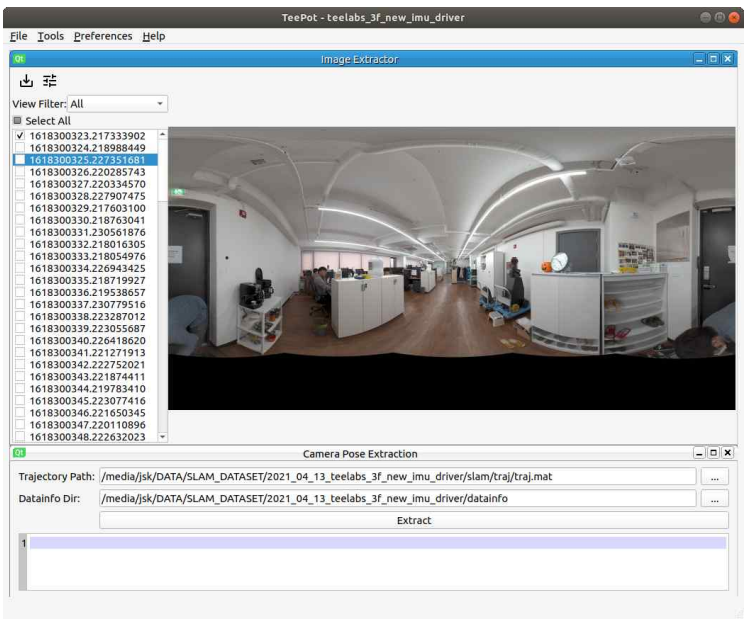


[iMBC 구해줘 홈즈 - 홈즈 VR 체험]



[최종 결과물 시각화 - 앤티크 하우스]

- TeePot
  - 실감지도 작성에 사용되는 모듈들을 유저가 통합적으로 사용할 수 있게 만든 GUI Tool
  - 각 모듈은 프로토콜 버퍼로 정의된 메타데이터를 통해서 데이터를 서로 교환
    프로토콜 버퍼는 구글에서 개발하고 오픈소스로 공개한 직렬화 데이터구조로서 다양한 언어를 지원하며 간결하며 빠름.
  - 실감 지도 작성 기술의 개발에 따라서 지속적으로 모듈 추가 및 기능 개선이 이루어지고 있음.



[AS-IS / TO-BE 대비표]

시기	가격 (874㎡ 기준)	품질	지원디바이스
As-Is (17년)	764만	3D Colored PCD + Weird Texture	게이밍용 하이엔드 PC
To-Be (21년)	217만	3D Colored PCD + HQ Texture (TeeVR)	PC / 모바일 / Web

- AS-IS
  - 과제 시작시점에 티랩스는 고가의 로봇(2억)을 사용하고, 스캔 이후 후공정에 많은 수작업을 필요로 했기에(874m^{2}을 기준으로) 764만원의 판매가를 책정
  - 이때 제공가능한 모델링의 품질은 [그림. 과제 개발 시점의 3D 모델링 수준]와 같이 지오메트리(geometry)는 정확하나, 텍스쳐의 화질이 열화되고 저하된 형태로만 제공이 가능
  - 더불어 해당 모델을 실시간 렌더링하기 위해서는 당시 기준으로 게이밍용 고성능 컴퓨터가 요구됨



그림. 과제 개발 시점의 3D 모델링 수준 (좌: 40평 APT, 우: 미국 EnCore 호텔, LasVegas)

- TO-BE
  - 과제 종료시점의 티랩스는 [테이블. 본 과제를 통해 개발된 다양한 3D 스캐너 및 특징]와 같이 고가의 로봇뿐만 아니라 본 과제를 통해 배낭형 스캐너(1.5억) 와 핸드헬드형 스캐너(1.5천)라는 고객 필요에 맞춘 다양한 스캐너를 보유하게 됨 (그림. 티랩스에서 개발한 다양한 스캐너들)
  - 이를 기반으로 [그림. 과제종료 시점의 3D 모델링 수준]와 같이 공간의 크기와 구성에 제한받지 않는 다양한 제품군을 보유하고, 더불어 특별한 프로그램의 설치 없이 멀티 디바이스(PC 및 스마트폰)의 Web에서 실시간 렌더링하는 서비스를 제공할 수 있게 됨
  - 더불어 티랩스에서는 고려대학교 핵심 성과물인 다중 LiDAR-Camera 고정밀 Calibration 기술을 활용하여 [테이블. 다중 카메라-LiDAR 정밀 Calibration S/W 개요]와 같은 S/W를 상용화

	소비자 단가	스캔 스피드	후제작 기간 (874m^2 기준)	적용가능 공간
로봇 스캐너	2억원	2km/h	7 days	평면기반 공간
배낭형 스캐너	1억 5천만원	4km/h	14 days	제약없음
핸드핼드 스캐너	1천 5백만원	2km/h	10 days	~ 200m2 소형공간

테이블. 본 과제를 통해 개발된 다양한 3D 스캐너 및 특징

- 모델링 성과의 공유와 관리를 위하여 아래의 그림과 같이 웹상에서 접근할 수 있는 플랫폼을 이용하여 모델링 성과물을 업로드 하는 작업을 수행.
(http://teevr.com/ces2022-digital-showcase-main-en/)

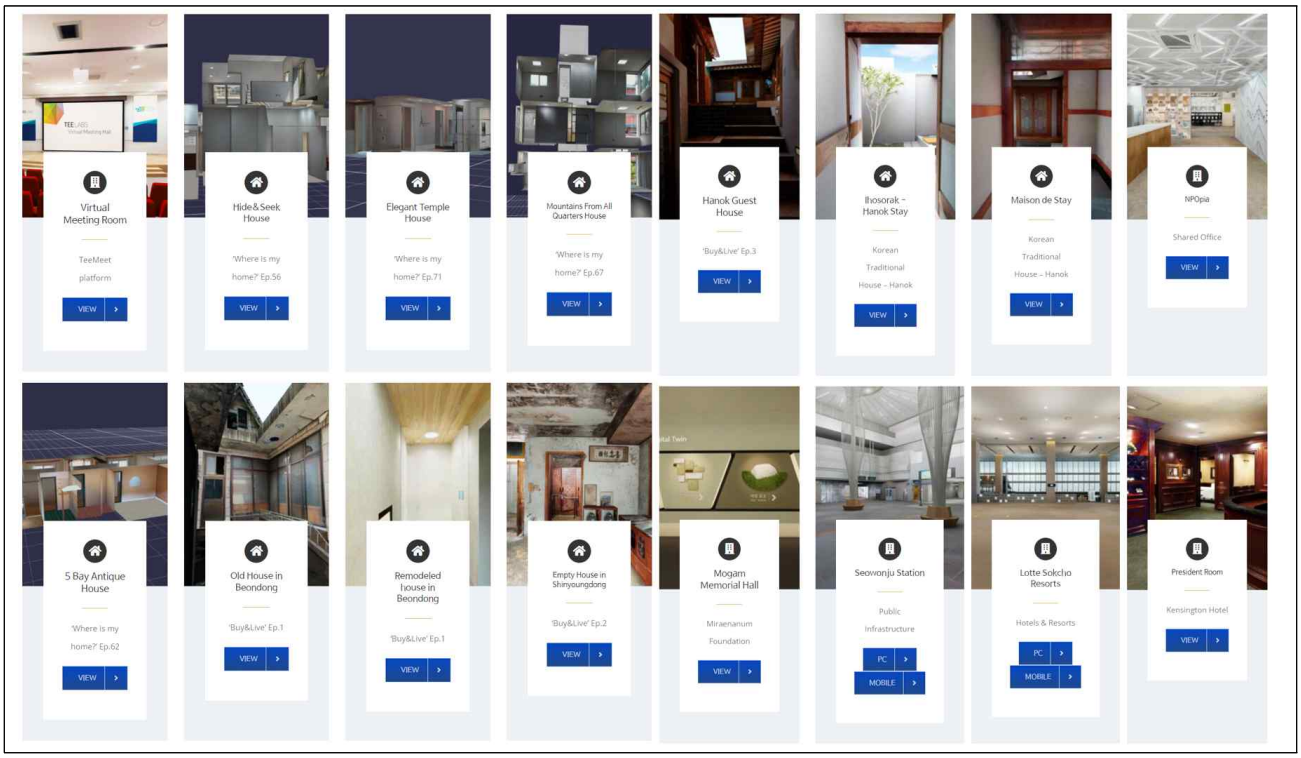
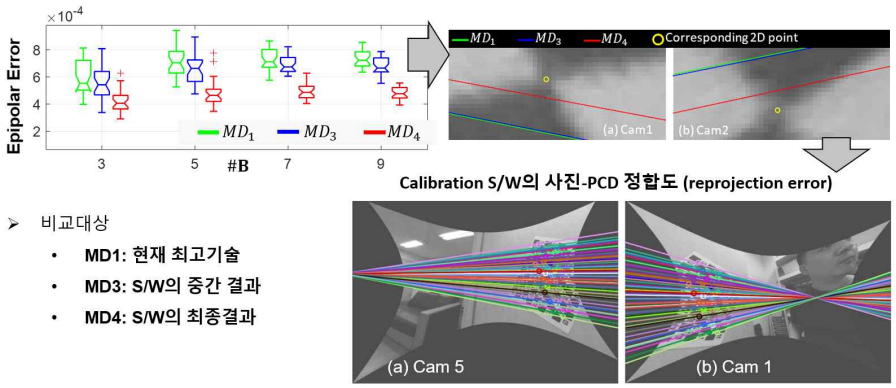


그림. 과제종료 시점의 3D 모델링 수준



(a) 로봇스캐너 (b) 배낭형 스캐너 (c) 핸드핼드 스캐너

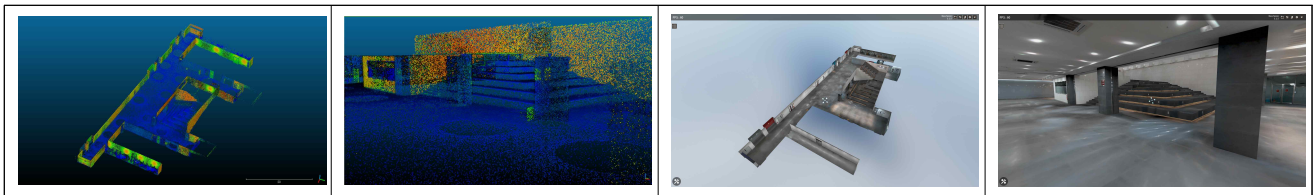
그림. 티랩스에서 개발한 다양한 스캐너들

다중 카메라-LiDAR 정밀 Calibration S/W			
운영체제: MS Window	가격: 500만원/copy	License: 무제한	유지보수: 6개월
성능 (reprojection error: 4x10^{-4}이하) (정합도: 10cm 이하)			

테이블. 다중 카메라-LiDAR 정밀 Calibration S/W 개요

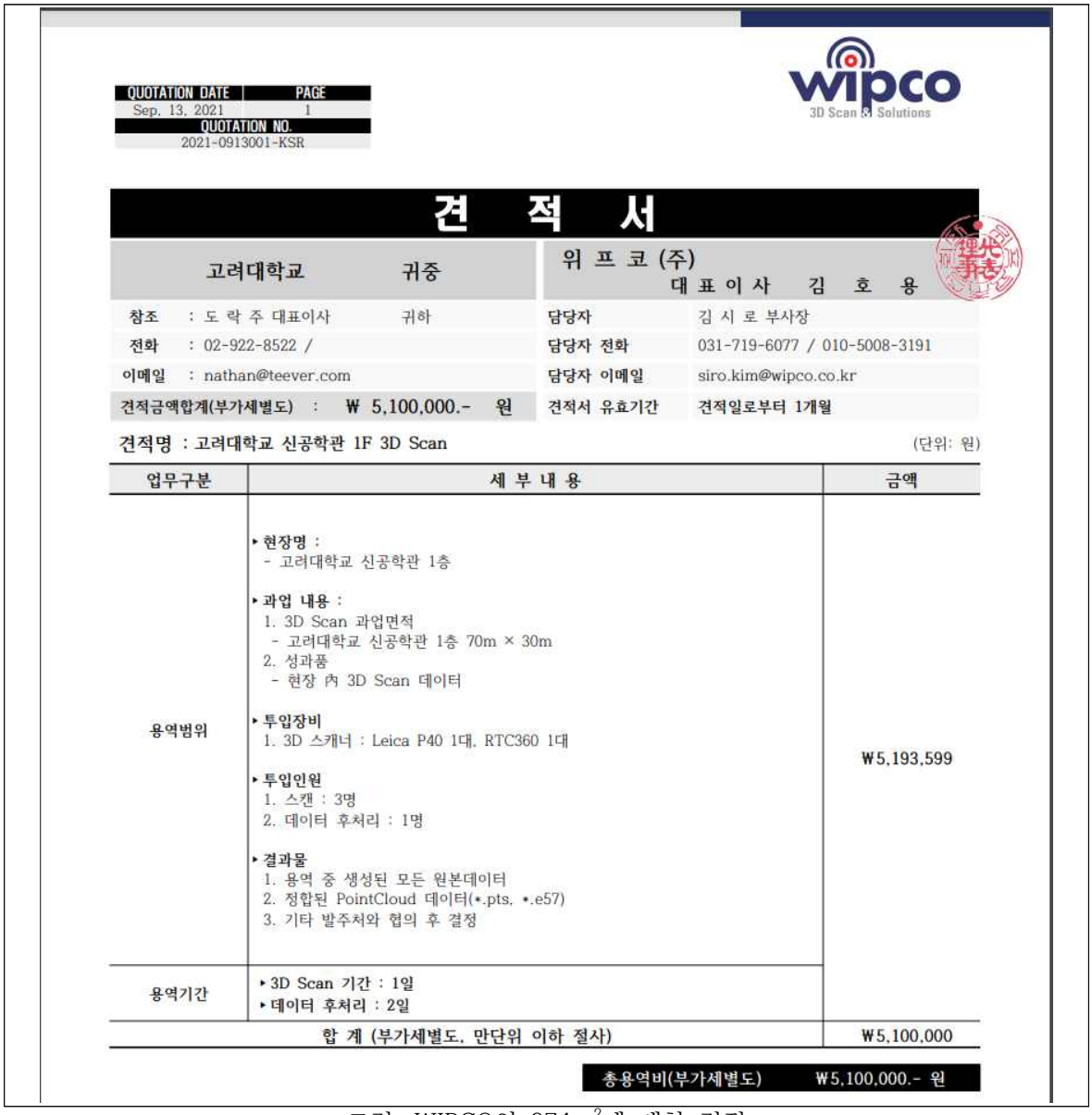
[타 업체와의 비교]

- 동일 공간에 대한 티랩스의 가격 및 경쟁업체와의 가격 비교
  - 본 과제가 시작된 17년의 경우, LoD 3 수준의 Point-Cloud를 제작하는 기술의 단가는 m^{2}당 6,988원임 (참조: 국토해양부 실내공간정보 및 위치 통합관리체계 기술기반 연구보고서, 2012)
  - 연구개발 최종결과의 가격 비교를 위해 국내 문화재 스캔의 경험이 가장 많은 업체 중 하나인 WIPCO를 선정하고, 고려대학교 신공학관(874m^2)에 대한 견적을 수신함 (그림. WIPCO의 874m^{2}에 대한 견적)
  - 동일 공간에 대해 WIPCO와 티랩스가 모델링을 수행하였으며 그 결과는 [그림. WIPCO 모델링 (3D PCD) 및 티랩스 모델링 (3D PCD+Texture) 결과] 비교와 같음
  - 3D PCD와 TeeVR이라는 상이한 결과물에 대한 동일선상에서 비교는 어려우나, 동일 공간에 대한 WIPCO의 가격(519만원)과 티랩스의 가격(217만원)을 비교했을 때 티랩스의 가격이 타사 대비 42% 수준임
  - 이를 과제 시작 전 국토교통부 연구보고서의 가격과 비교했을 때, WIPCO는 해당가격의 85%수준으나, 티랩스의 가격은 해당가격의 35% 수준임.
  - 이에 본과제 수행을 통해 50%이상의 비용 절감을 달성한 “저비용 모델링”뿐 아니라, 기존 점으로 표현된 PCD를 면(Mesh)로 실사이미지를 더하여 생생하게 표현한 “고화질 모델링”이 성공적으로 수행함을 확인할 수 있음



WIPCO 모델링 (3D PCD)	티랩스 모델링 (3D PCD+Texture)

그림. WIPCO 모델링 (3D PCD) 및 티랩스 모델링 (3D PCD+Texture) 결과비교



QUOTATION DATE	PAGE
Sep. 13. 2021	1
QUOTATION NO.	
2021-0913001-KSR	

wipco
3D Scan & Solutions

견 적 서

고려대학교 귀중		위 프 코 (주) 대 표 이 사 김 호 용	
참조	: 도 락 주 대표이사 귀하	담당자	김 시 로 부사장
전화	: 02-922-8522 /	담당자 전화	031-719-6077 / 010-5008-3191
이메일	: nathan@teever.com	담당자 이메일	siro.kim@wipco.co.kr
견적금액합계(부가세별도) :	₩ 5,100,000.- 원	견적서 유효기간	견적일로부터 1개월

견적명 : 고려대학교 신공학관 1F 3D Scan (단위: 원)

업무구분	세 부 내 용	금액
용역범위	▸현장명 : - 고려대학교 신공학관 1층 ▸과업 내용 : 1. 3D Scan 과업면적 - 고려대학교 신공학관 1층 70m × 30m 2. 성과품 - 현장 內 3D Scan 데이터 ▸투입장비 1. 3D 스캐너 : Leica P40 1대, RTC360 1대 ▸투입인원 1. 스캔 : 3명 2. 데이터 후처리 : 1명 ▸결과물 1. 용역 중 생성된 모든 원본데이터 2. 정합된 PointCloud 데이터(*.pts, *.e57) 3. 기타 발주처와 협의 후 결정	₩5,193,599
용역기간	▸3D Scan 기간 : 1일 ▸데이터 후처리 : 2일	
합 계 (부가세별도, 만단위 이하 절사)		₩5,100,000

총용역비(부가세별도) ₩5,100,000.- 원

그림. WIPCO의 874m^{2}에 대한 견적

- FPS(First-Person System)과 관련된 스캐너는 아래 그림와 같이 KAARTA와 GeoSLAM에 의해 판매되고 있음.
- 현재 판매중인 스캐너의 경우 본 과제에서 개발된 핸드헬드 스캐너(미화기준 $12,000) 대비 고가일 뿐 아니라, 3D Colored PCD까지만 생성이 가능한 한계가 있음
- 반면 본 과제에서 개발된 핸드헬드 스캐너는 3D Colored PCD뿐 아니라, 이에 기반한 Mesh 및 실사 텍스쳐까지 매핑된 실감 모델을 제작할 수 있음

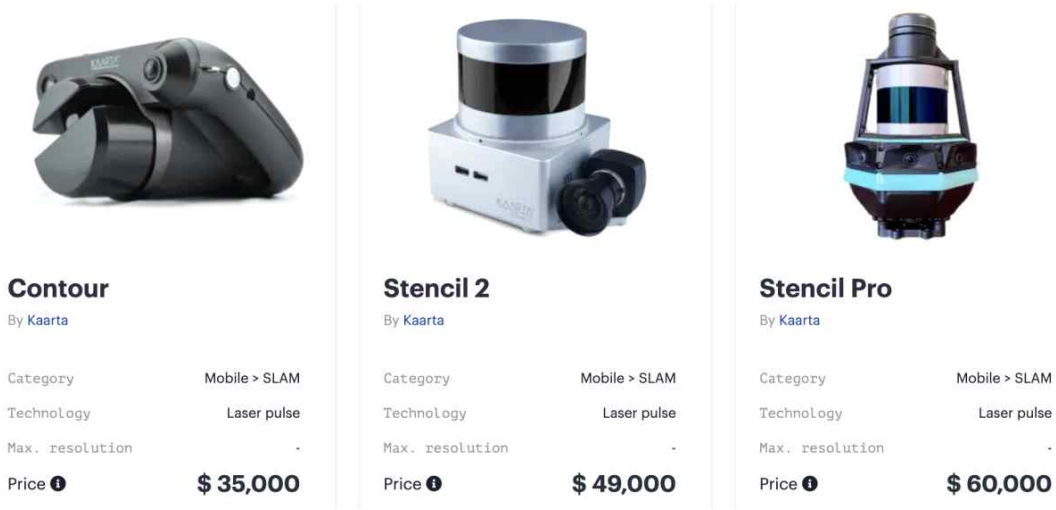


그림 . KAARTA Scanner 제품군 및 가격

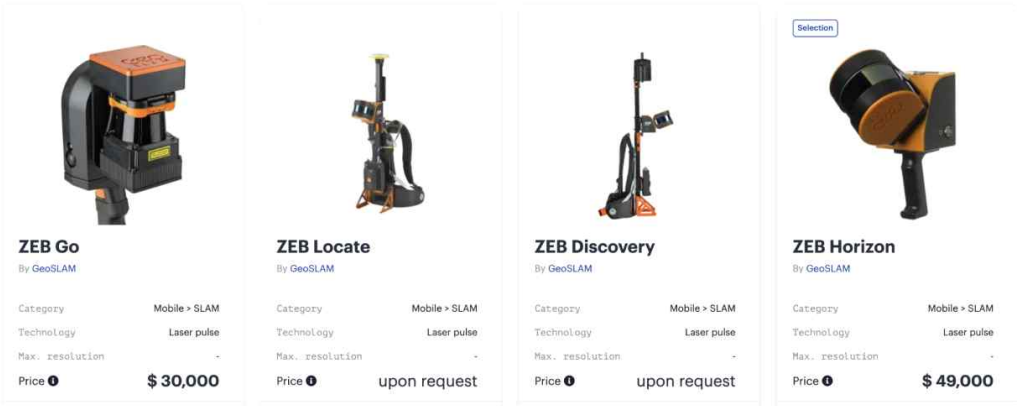


그림 . GeoSLAM Scanner 제품군 및 가격

- 지속적 고도화 방안 / 관련 데이터 확보 계획 / Software 상용화 상세계획
  - 본 과제를 통해 개발된 실감 모델링 S/W는 본사에서 운영중인 TeeVR 서버에 탑재하여 자동화 율을 제고함
  - 더불어 기존 고가의 스캐너가 아닌 1천만원대의 저가스캐너를 시장에 공급하고, 이를 활용하는 구독자를 모집하는 SaaS 서비스를 현 서버에 연동하여, 스캐닝을 수행하는 유저그룹을 확보할 뿐 아니라, 서버내 공간데이터를 꾸준히 누적해 가고자 함 (아래 그림)
  - 이에 최종적으로는 개발자(developer)들이 스스로 스캔하게, 모델링을 수행하고, 해당 모델에 서비스를 탑재하는 B2D(Business to Developer)형태로 사업을 고도화 할 계획임. 다만, 현재 기술의 한계상 완전히 자동화된 모델링은 불가능하므로, B2D 사업의 자생적 수행을 위해서는 개발자들이 스스로 모델링의 오류를 수정할 수 있는 Toolset이 필요하며, 이를 위해 본과제에서 개발된 S/W를 최적화된 형태로 공급하여 개발자 자생 생태계를 원활하게 구축하려고 함

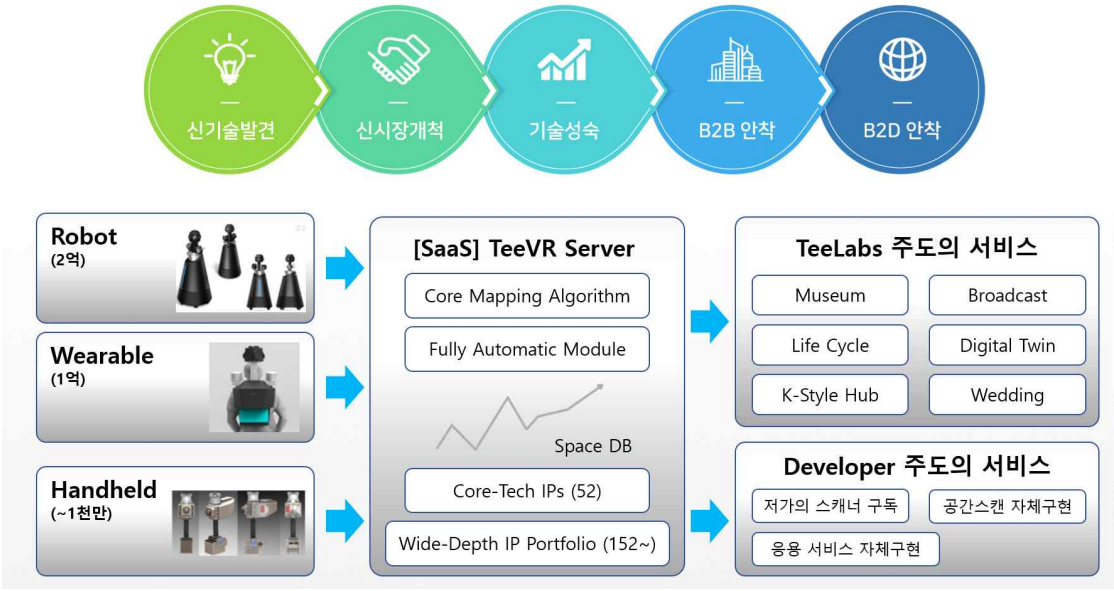


그림 . 개발된 연구결과물의 장기적 활용방안 도식도

- 해외 시장 개척
  - 티랩스는 기술의 국제적 홍보를 위해 과제가 수행된 지난 5년간 미국 최대 가전제품 박람회인 CES에 참여해 왔음
  - 특히 올해 CES에서는 미국 현지 사업 수행에 대한 실제적인 요청이 많았던 바, 이의 본격적 수행을 위해 미주지사 운영을 본격화 할 예정임
  - 이의 일환으로 22년 2월부로 LA 토렌스 지역에 티랩스 자회사 사무실을 계약하였고, 현지 전담인력 1인을 채용하는 등 과제 결과의 국제화를 위한 노력을 수행하고 있음

[메타버스 시장에서의 예시와 기대효과]



그림. TeeVR을 활용한 실사 3D 관광홍보 개념도

- 현재의 시스템과 그 한계
  - 실재하는 공간과 관련하여, 메타버스 시대의 공간소개는 웹 홈페이지의 사진 및 동영상에 전적으로 의지하고 있으며, 일부 선도적인 기관에서는 실재(Real) 공간을 360VR로 촬영하거나 C.G.(컴퓨터 그래픽)을 활용하여 3D로 구성
  - 홈페이지에 게제된 사진이나 동영상을 시청한 경우, 공간에 대한 부분적 파악이 가능할 뿐, 공간을

사전답사한 것과 같은 종합적 이해는 불가함
- 이를 보완하기 위해 실재 공간을 (스트리트 뷰와 같이 구성된) 360VR로 감상하거나, C.G.로 만들어진 공간을 둘러볼 수 있으나, 이 역시 단편적 정보 수집이 늘어나는 이상의 효과가 없음

- TeeVR 기술의 의의 및 예시
  - 본 과제를 통해 개발된 TeeVR기술은 (상기360VR, C.G. 및 웹에) 파편적으로 흩어져 있던 실재 공간에 대한 3D 정보 및 콘텐츠를 하나의 그릇에 담아낼 수 있음
  - 모델링 된 공간에는 사진, 동영상, 3D 캐릭터, 3D 제품 모델 등 모든 형태의 디지털 자료를 손쉽게 탑재할 수 있고, 사용자는 실재 공간을 자유롭게 돌아다니거나 특정 위치들을 넘나들며 공간을 감상할 수 있고, 공간마다 부여된 (사진, 영상 등의) 부가자료를 통해 공간의 쓰임새와 용도까지 구상해 볼 수 있음
  - 사용자들의 피드백을 취합한 결과, 사용자가 3D 공간을 (하늘에서 내려다보고, 땅에서 이곳저곳을 자연스럽게 돌아다니는 등) 자유롭게 돌아다닐 수 있을 뿐 아니라, 2D사진과 동영상을 실재하는 3D공간과 동시에 살펴봄을 통해, (마치 사전답사를 다녀온 것과 같이) 공간에 대한 종합적 이해를 할 수 있음 (그림. 2D 사진과 자유 이동이 가능한 실감 3D 지도를 통한 공간의 입체적-종합적 이해)



그림. 2D 사진과 자유 이동이 가능한 실감 3D 지도를 통한 공간의 입체적-종합적 이해

  - 세계적인 현존 기술대비 티랩스가 개발한 기술의 우수성을 정량화 할 때, 아래의 그림처럼 비교우위가 있음. 개발된 기술이 34점으로 세계적 현존 기술 대비 6가지 중요 항목에서 전체적으로 우수함.

비교 지표	세계적 현존 기술 1. 360 VR	세계적 현존 기술 2. Colored PCD	세계적 현존 기술 3. Low Qual. modeling	개발 기술. TEEVR
화질	6	4	2	6
저용량	4	2	4	6
Full 3D 모델링	2	4	6	6
Scalable	6	4	2	6
고속 스캔	2	6	2	6
저가 스캐너	6	2	6	4
Total	**26**	**22**	**22**	**34**

그림. 세계적 현존 기술과의 주요 6가지 항목에 대한 정량적 비교

- 메타버스 시장내의 기대효과
  - TeeVR을 통해 '가서 보는 듯 체험하는 온라인 사전답사'가 가능하고, 이는 사전답사 혹은 기존 방문 경험을 통해서만 얻을 수 있는 '내가 그곳을 안다'라는 지각을 확립시킴. 더불어 '내가 그곳을 안다'라는 긍정적 지각은 자연스럽게 아래와 같은 공간기반 체험으로 연결됨
    - (한옥과 같은) 숙박 시설에 대한 긍정적 지각: 다음 숙소 예약은 이곳에서
    - MICE공간에 대한 지각 및 공간 구성 시뮬레이션: 다음 전시회는 거기에서
    - 병원/박물관 등에 대한 최점단/상세시설 사전 탐방: 다음 치료/관광은 거기에서
    - 드라마 세트장에 얽힌 주인공의 애환: 온라인팬미팅은 기왕이면 세트장에서, 굿즈도 함께 쇼핑

- 특히 메타버스 흐름에 따라 원격방문이 익숙해진 시국을 고려할 때, 본 과제의 결과물인 TeeVR을 통해 실재 공간에 대한 홍보 및 이에 연계한 부가가치 창출이 가능할 것으로 기대됨

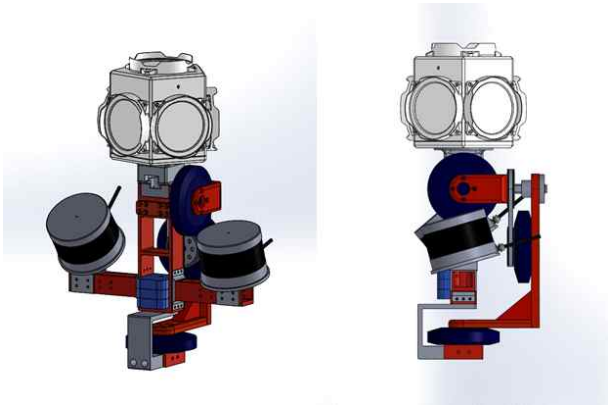
(마) 1-1-1 위탁 (한양대)

연구 범위	연구 수행 방법(이론적 • 실험적 접근방법)	구체적인 내용
• 정밀 공간 스캔을 위한 착용형 시스템 개발	• 공간 스캔을 위한 착용형 및 핸드헬드형 스캔 시스템 개발 - 고화질 공간 스캔을 위한 착용형 스캔 시스템 개발 - 간편한 공간 스캔을 위한 핸드헬드형 스캔 시스템 개발	• 고주파 및 충격 감쇠를 위한 흡진 시스템 및 저주파 외란 보상을 위한 능동형 자세 유지 장치 개발 • 정밀 공간 스캔을 위한 착용형 통합 스캔 시스템 개발 • 고화질 공간 스캔을 위한 고화질 카메라 센서 시스템 최적 배치 및 상세 설계 • 최적의 센서를 활용한 상용화 헨드헬드 시스템 설계 및 제작

○ 정밀 공간 스캔을 위한 외란 감쇠 장치

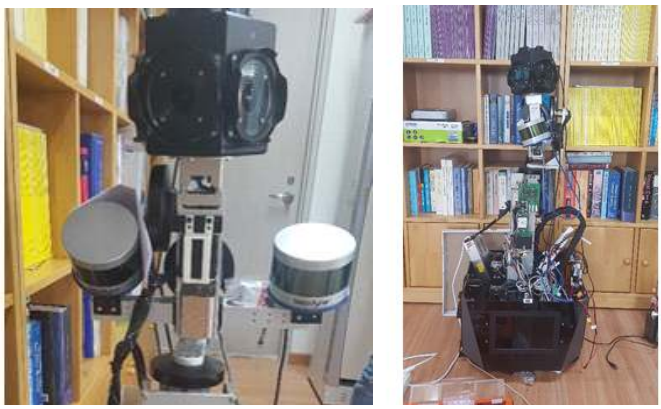
- 저주파 외란 보상을 위한 능동 자세 유지 메커니즘 개발

기존의 상용화 된 짐벌 시스템에 착안하여 카메라와 LiDAR 센서를 외부 진동으로부터 분리해 안정적인 센싱이 가능하도록 기구를 설계하고 제어함



[능동 자세 유지 기구 설계]

저주파 외란 보상을 위한 능동 자세 유지 메커니즘을 이동 로봇과 결합하여 실험을 수행하여 진동감쇠 효과를 확인하고 개선점을 도출



[이동 로봇에 결합 된 능동 자세 유지 메커니즘]

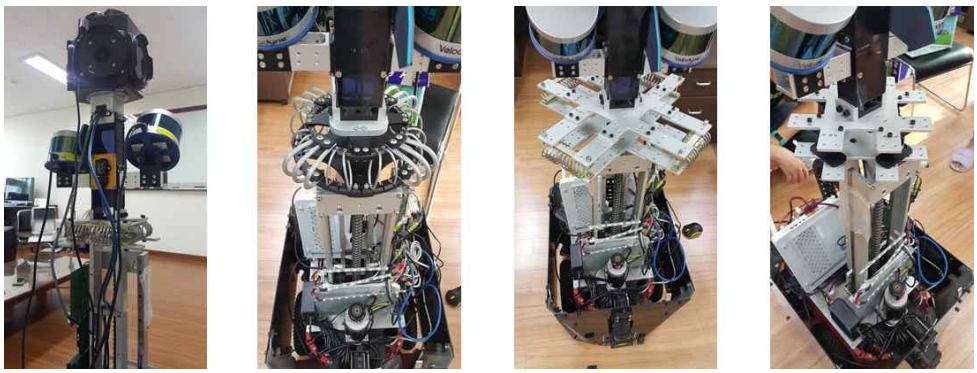
- 고주파 및 충격 입력 감쇠를 위한 스프링 흡진 시스템 개발

고주파 및 충격 입력 감쇠를 위하여 스프링 탄성체를 이용한 흡진 시스템을 개발 및 제작함. 고주파의 경우 메카니즘으로 보상하는 것보다는 기구의 강성을 이용해서 1차적으로 외란을 흡수하는 것이 좋음. 이를 위한 흡진 시스템을 제작함



[스프링 흡진 시스템]

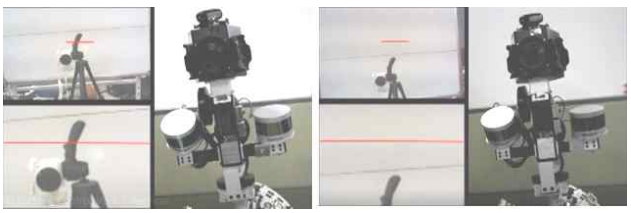
- 스프링 흡진 시스템을 이동 로봇의 스캔 시스템과 결합하여 실험 수행.



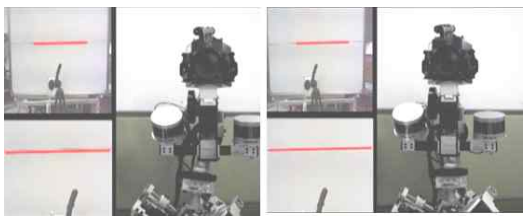
[이동 로봇에 결합 된 스프링 흡진 시스템]

- 이동 로봇 탑재 실험을 통한 외란 감쇠 분석

저주파 능동 자세 유지 메커니즘 시스템의 안정도 확인 실험 수행.

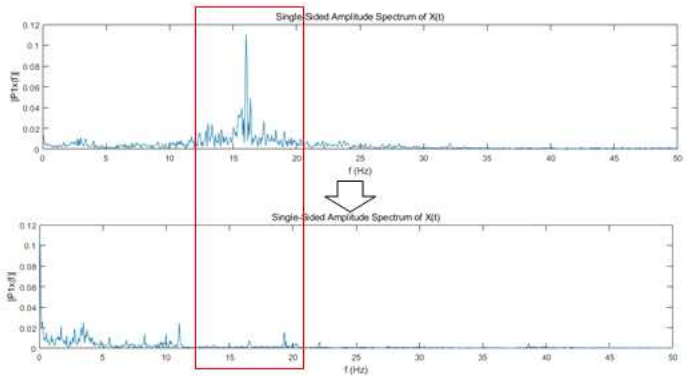


[능동 시스템 적용하지 않은 제어]

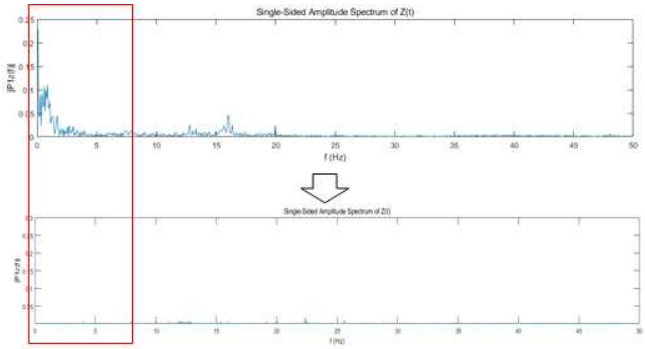


[능동 시스템 적용한 후 제어]

이동 로봇의 스캔 장치와 결합 전후의 이동 시 진동 주파수를 측정하여 비교. 아래 그림은 센서 끝에 장착된 IMU 센서의 값을 측정한 것으로 외란 감쇠 장치 장착 전/후의 결과를 보여줌. 그림과 같이 고주파 흡진 시스템의 경우, 고주파 부분의 주파수 성분이 감쇠함을 보여줌. 저주파의 경우, 진동으로 인한 성분이 거의 없어지는 것을 확인할 수 있음



[고주파 흡진 시스템]



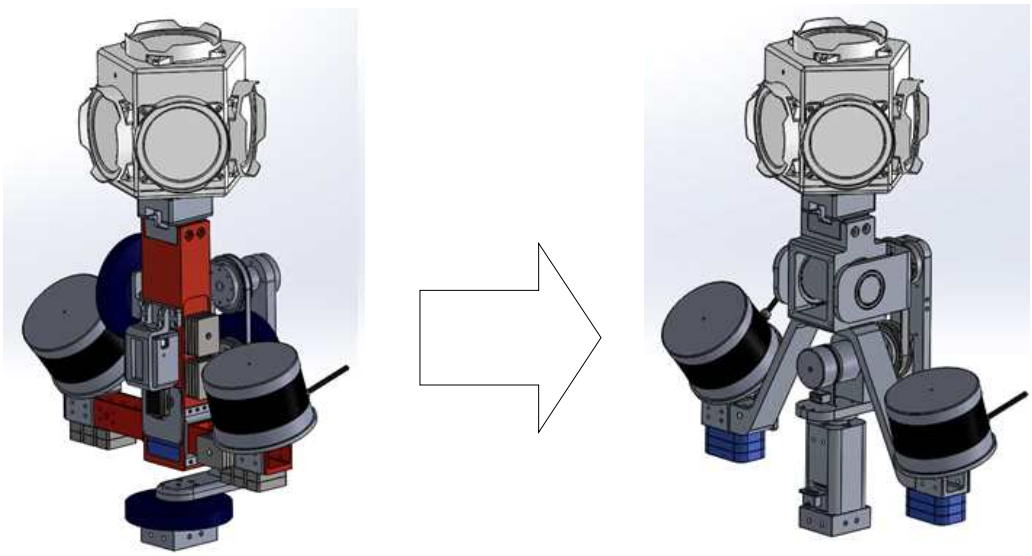
[저주파 능동 자세 유지 시스템]

○ 정밀 공간 스캔을 위한 착용형 시스템

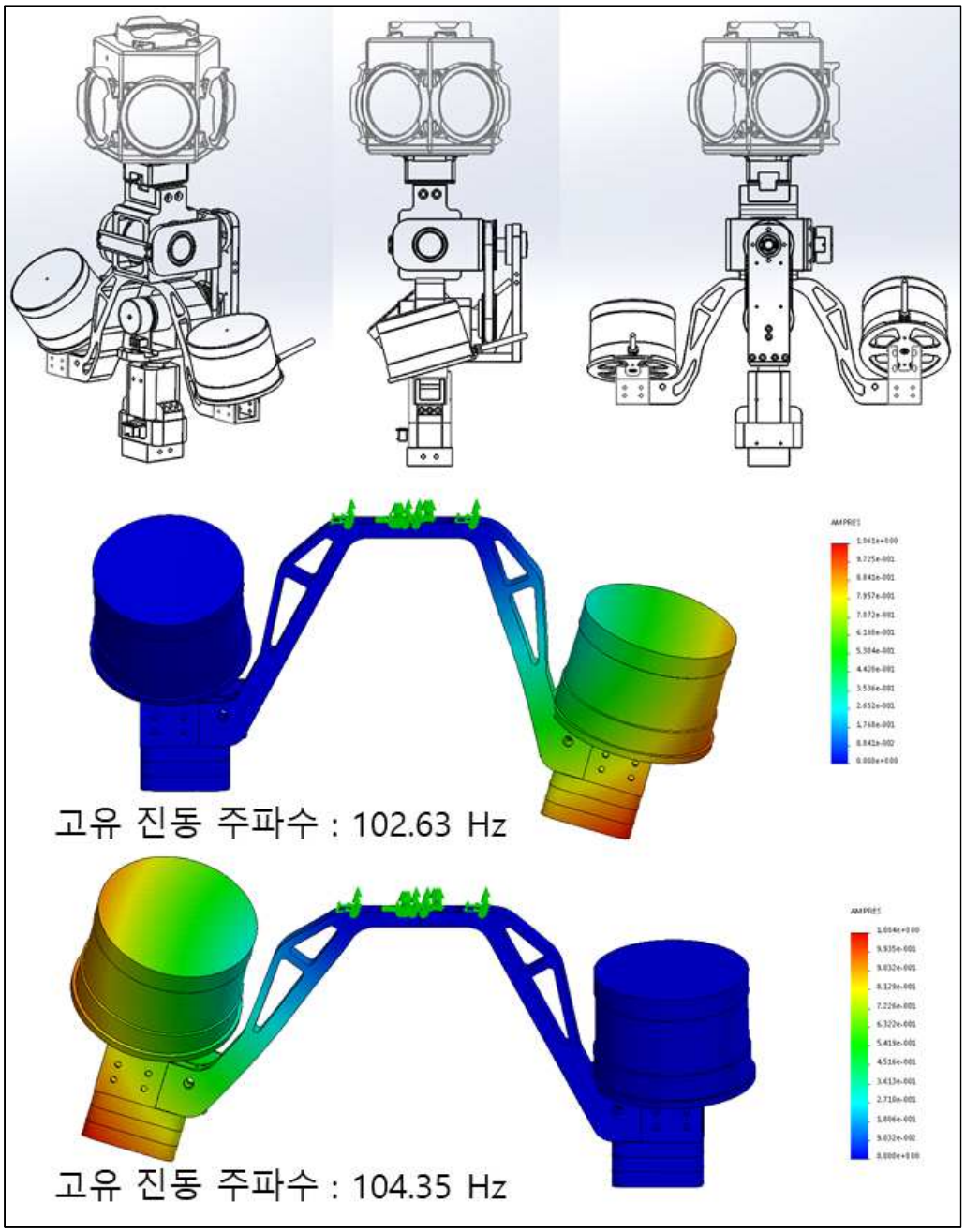
– 스캔 작업 영역 및 구동부 관성 효과 최소화를 고려한 외란 감쇠 장치 설계

스캔 시스템인 멀티 카메라의 FOV와 라이다 센서의 동작 영역을 고려한 설계.

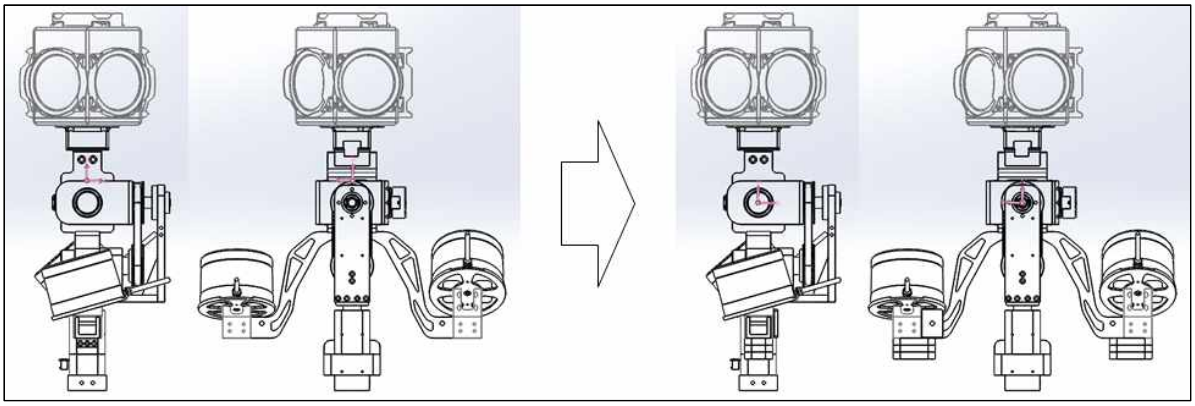
구동부 관성을 최소화하기 위해 각 모터의 회전축 중심과 시스템의 무게 중심 간의 거리를 최소화하여 설계. 전년도 저주파 외란 감쇠장치의 단점이었던 낮은 출력을 극복하기 위해 고용량의 모터를 사용하여 재설계함.



[개선된 외란 감쇠 장치 설계]



[자체 진동을 최소화함과 동시에 경량화를 위한 장치 분석]



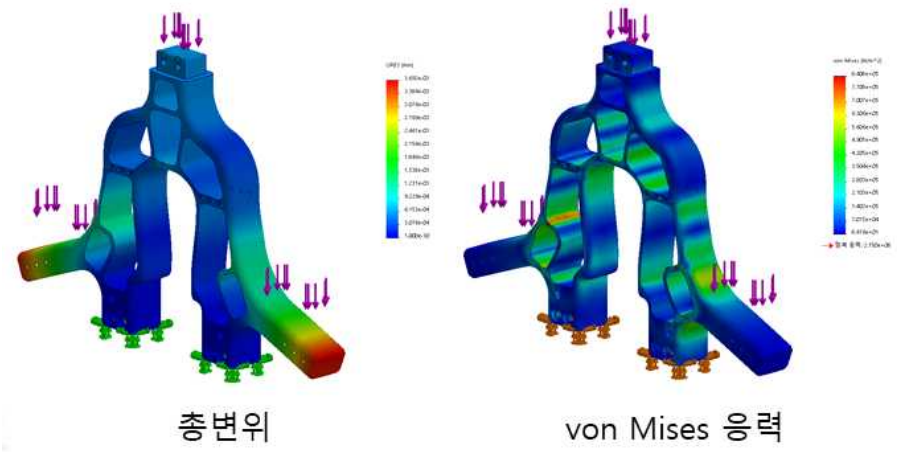
[외란 감쇠 장치의 구동부 관성 최소화를 위한 질량중심 설계]

– 정밀 스캔을 위한 착용형 장치 설계

착용성 증대를 위한 상용 제품의 착용 테스트 수행. 공간 카메라 장치와 호환을 고려한 설계. 시스템의 경량화, 안정성 및 강도를 고려한 설계. 센서의 상하 방향의 외란 보상 등의 기능 추가를 고려한 설계



[착용을 위한 기존 상용 제품 검사]

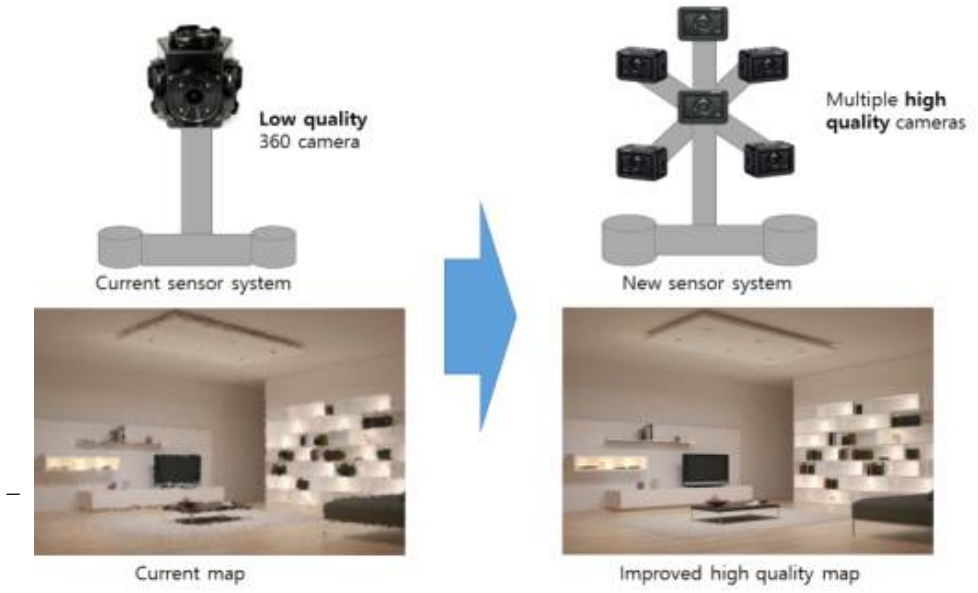


[착용형 장치 설계 및 기계적 분석]



[착용형 시스템 설계 및 제작]

○ 고화질 공간 스캔을 위한 센서 시스템 설계



[고화질 센싱을 위한 분활 영상획득 개념도]

- 공간 스캔을 위한 고화질 카메라 및 광각 렌즈 선정

고화질 스캔을 위한 카메라 선정. 선정된 카메라와 기존 카메라시스템 비교

주요사양	기존 360 카메라 시스템 (LadyBug5+)	고화질 카메라 시스템 (RX0 II)
분해능(카메라당)	2048 x 2464	4800 x 3200
센서크기(카메라당)	2/3”	1”
카메라수	6개	7개

시야각(Field of View)을 확장하기 위한 광각렌즈 선정. 광각 렌즈를 사용하여 시야각을 확장함. 그러나, 시야각이 넓어질수록 센싱 품질은 저하됨으로 적절한 조정이 필요함. 7개의 카메라를 사용하여 360 센싱이 가능하도록 2가지 타입의 렌즈 선정.

주요사양	광각 렌즈 1 (Opteka 6.5mm)	광각 렌즈 2 (Laowa 4mm)
Focal length	6.5mm	4mm
Angle of view	180 도	210 도
FOV (when sensor size 1”)	91x68도	117x96도



[(좌) 일반렌즈 사용시, (우 2개) 선정된 광각 렌즈]

- 전방향 센싱 및 정합을 위한 센서 시스템 최적 배치 및 상세 설계

착용형 장치에서 전방향센싱이 가능하도록 카메라 및 센서 시스템을 배치함.

움직임이 적은 앞뒤, 카메라를 2대씩 배치하고, 그 외의 천장 및 좌/우에 1대씩 카메라 배치하는 구조

앞뒤 배치 카메라는 높은 품질의 데이터를 얻기 위해 광각 1(시야각 91x68도, 1인치 센서 사용시)을 사용하고 그 외의 카메라는 보다 넓은 영역 스캔을 위한 광각 2(시야각 127x107도, 1인치 센서 사용시)를 사용함.



[(좌) 최종 설계된 카메라 배치안, (중) 착용형 최종 설계 (우) 배치안에 따른 FOV 표시]

– 백팩형 데이터획득 시스템 설계

중량 : 17.3kg. 알루미늄 합급 (AL6061)을 사용한 프레임 구조. HD급 카메라 7대, 라이더 센서 2대, IMU 센서, 컴퓨터 1대 (터치스크린 포함), 배터리 등 포함



back



top



side

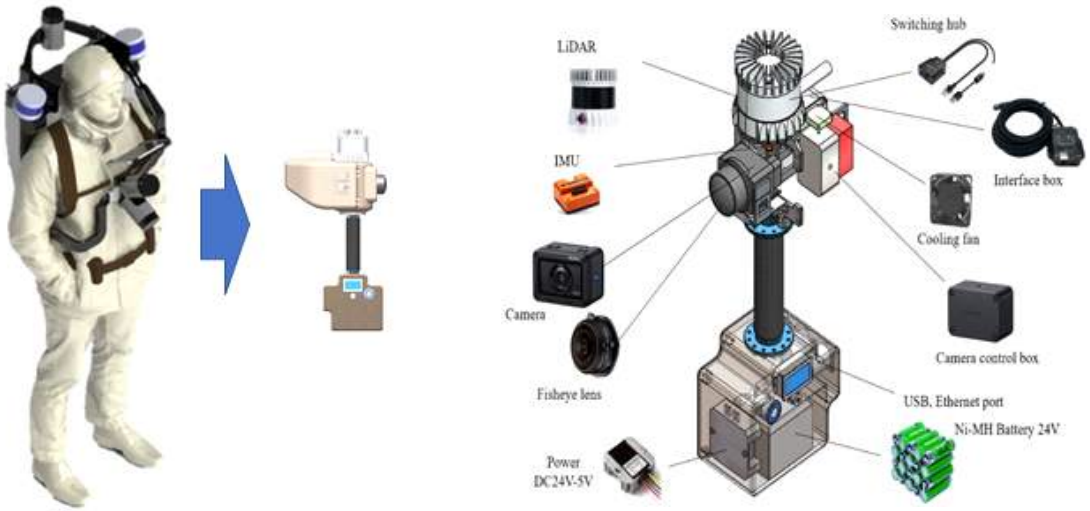


<착용 예>

○ 착용형 공간 스캔 시스템의 최적화

– 최소한의 센서를 활용한 최적화 버전의 핸드헬드형 시스템 설계

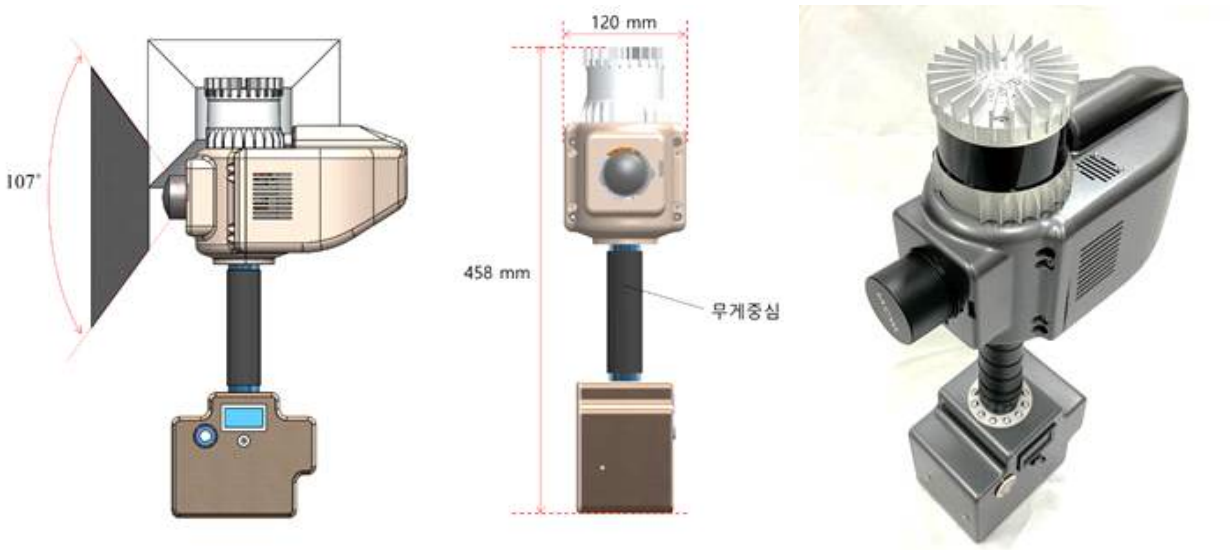
공간 스캔을 위한 최소한의 센서만으로 구성된 작고 가볍고 간편한 핸드헬드형 시스템. 한번에 스캔할 수 있는 공간은 줄지만, 작은 공간 스캔 가능, 이동의 편리, 작은 비용이라는 장점이 존재. 보다 원활한 센싱 시스템 보급을 위한 보급형 핸드헬드 시스템. 고화질 카메라 1, 32라인 LiDAR, IMU 1을 기본으로 구성되며 이러한 센서를 구동하기 위한 베터리 등을 포함함.



[핸드헬드형 공간 스캔 시스템의 개념 및 부품 구성도]

- 상용화 헨드헬드 시스템 제작

최소 센서 시스템으로 구성 (라이다1, 카메라1, IMU 1)
흔들림 최소화를 위한 무게중심 배치 (손잡이 중심에 대한 회전관성최대)
집적화 및 경량화 (휴대성 최적화를 위한 집적 경량 설계)
검증 및 보완점 도출을 통해 최종 버전 완성



[핸드헬드형 공간 스캔 시스템]

(바) 2-1 협동 (한국건설기술연구원)

연구범위	연구 수행 방법 (이론적·실험적 접근방법)	정성적 연구개발성과
(A) BIM/CAD 기반 실내공간정보 구축 자동화 기술 개발	(1-1) CAD/BIM 상용 SW기반 실내공간정보 구축 표준프로세스 및 Ruleset 개발	다음의 성과로 계획한 질적/양적 성과를 충실히 달성하였음 • CAD/BIM 상용 SW기반 실내공간정보 구축 표준프로세스 및 Ruleset 개발 - 상용 SW 기반의 Plu-In 개발을 목표로 오토캐드 및 래빗 기본기능을 준용한 알고리즘을 개발하고 SW 개발에 적용 - 기존 데이터의 점검기능 및 모델링 오류에 대한 체크기능 등을 구현 • IndoorGML Validatior(Val3Dity) 개발(3차년도) - IndoorGML 표준 기반으로 구축된 데이터에 대한 표준 준수 여부 검증을 지원하는 SW로서, 본 연구를 통해 개발되었으며, 오픈소스 커뮤니티(GitHub)에 공개하여, 연구전반에 활용
	(1-2) CAD SW(AutoCAD)기반 Plug-In 프로토타입 개발	• CAD SW(AutoCAD)기반 Plug-In 프로토타입 개발(SW) - 기술적 난제였던 오토캐드 라인 폐합여부 판정을 통한 Room Detection 기능을 개선하고, 이를 적용한 Plug-In을 개발하였으며, 생성된 성과물을 IndoorGML Validator(Val3dity)로 검증함 (공인인증) - 캐드도면의 특성상, 층별로 구분되어 제작되는 IndoorGML 데이터를 수직연결통로를 기준으로 자동으로 통합할 수 있는 지원기능을 개발 - 기존 캐드도면에 존재하는 정보(텍스트)를 활용하여 기본적인 속성정보를 구축하는 기능을 개발 - 국내외적으로 캐드도면을 기반으로 한 실내공간정보 변환 기술에 대한 수요가 높으며, 건축설계분야 대표 소프트웨어인 오토캐드 기반으로 개발함에 따라 향후 활용도 높은 실용적 성과임
	(1-3) BIM SW(Revit)기반 Plug-In 프로토타입 개발	• BIM SW(Revit)기반 Plug-In 프로토타입 개발(SW) - 래빗 기본 기능인 Room/Door Scheduling 기능을 기반으로 실내공간객체 변환에 대한 사전 체커 기능을 개발하고, IndoorGML 가상 공간 등을 위한 Room 분할 기능 등을 포함하여 Plug-In SW 개발. 변환 성과물 검증함 (공인인증) - 건물단위로 통합 모델링된 래빗 결과물로부터, 사용자 요구에 따라 층별/일부 구역별 IndoorGML 선별 변환 기능 개발 - 래빗 모델링시 입력되는 Room/Door 연결성 정보를 활용하여 IndoorGML로 변환하므로서, 향후 건축설계엔지니어링분야 활용도가 높을 것으로 판단됨 - 국내외적으로 래빗기반 BIM 모델링이 증가하고 있어 이를 기반으로 한 실내공간정보 변환 기술 수요에 능동적으로 대응할 수 있는 기술임

[2-1협동] BIM/CAD 기반 실내공간정보 구축 자동화 기술 개발

(1) CAD/BIM 상용 SW기반 실내공간정보 구축 표준프로세스 및 Ruleset 개발

□ AutoCAD/Revit상에서 실내공간정보 객체를 수정/가공하는 프로세스 및 Ruleset 수립

○ 1~3차년도변환 프로세스 대비 최종 변환 프로세스 비교

- 1~3차년도 연구 수행 계획은 CAD 및 Revit 데이터에서 CityGML로 변환 하고, IndoorGML로 변환하는 프로세스였으나, 최종 단계에서는 CityGML을 거치지 않고 바로 IndoorGML로 변환하는 프로세스로 개선(작업 효율 향상)
- 또한, 기존 프로세서에 사용한 '.Json' 파일 변환 작업을 생략하여 변환 작업의 단순화를 시킴
- IndoorGML Publisher를 Revit, AutoCAD프로그램 안에 탑재

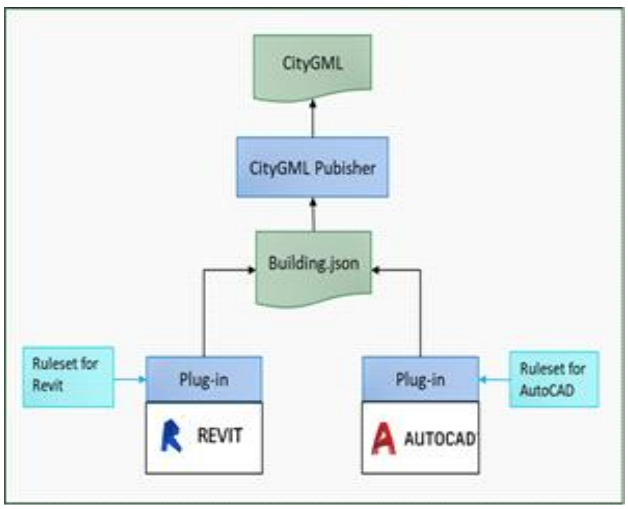


그림 323 1~3차년도 적용 변환 프로세스

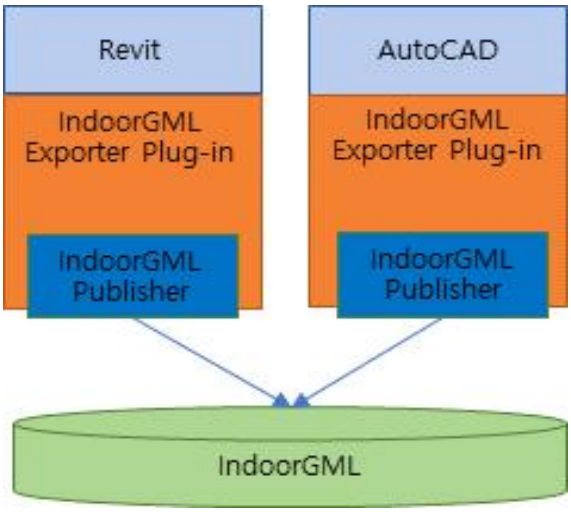


그림 324 최종 IndoorGML 변환 프로세스

표 134 변환 프로세스 개발구성 항목

개발구성 항목	설명
Revit Plug-In	- Closure Surface와 Virtual Door Object 생성 - Room Schedule과 Door Schedule과의 연동을 통한 모델 검증 및 전처리 검증 - 기타 IndoorGML 추출을 위한 파라미터 설정 - IndoorGML Viewer 자동 연계
Revit IndoorGML Publisher	- 전처리 결과와 Revit 모델정보 및 API를 활용한 IndoorGML 추출 모듈
AutoCAD Plug-In	- Closure Surface와 Virtual Door Object 레이어 설정 - Layer를 이용한 Room Detecting과 Door Detecting - 추출범위 및 추출파일 통합 설정등 기타 IndoorGML 추출을 위한 파라미터 설정 - IndoorGML Viewer 자동 연계
AutoCAD IndoorGML Publisher	- 전처리 결과와 탐지된 Room, Door 정보 및 AutoCAD API를 이용한 IndoorGML 추출 모듈

○ 데이터 전처리 프로세스

- 본 연구를 통해 개발하는 Plug-In의 최종 목적은 IndoorGML 자동생성하는 것으로서, 이를 위해서는 원데이터인 캐드파일에 대한 전처리가 반드시 필요
- 특히, IndoorGML 구성에서 가장 중요한 Node(Cell Sapce)와 Link(Door)를 구분하기 위한 데이터 전처리 프로세스를 설계함

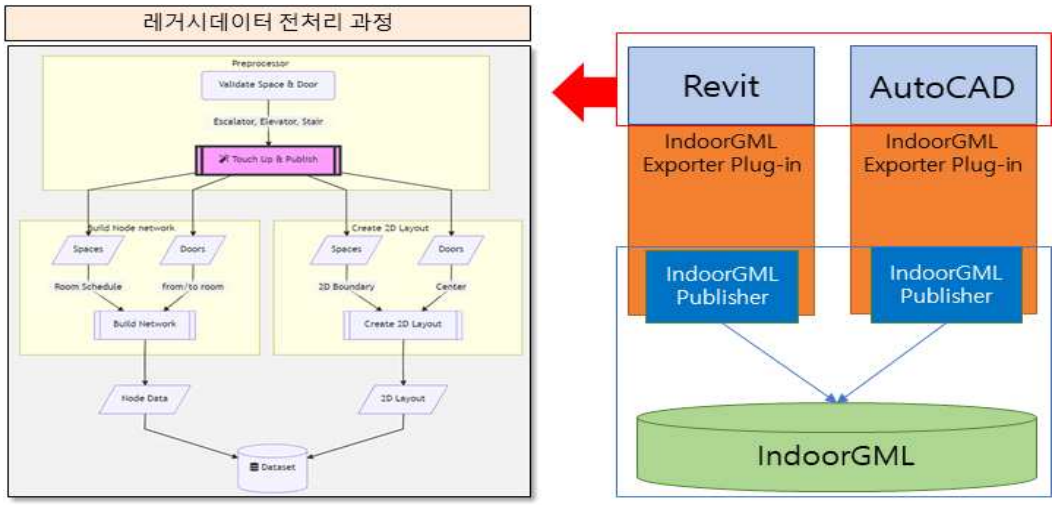


그림 325 레거시데이터 전처리 프로세스 수립

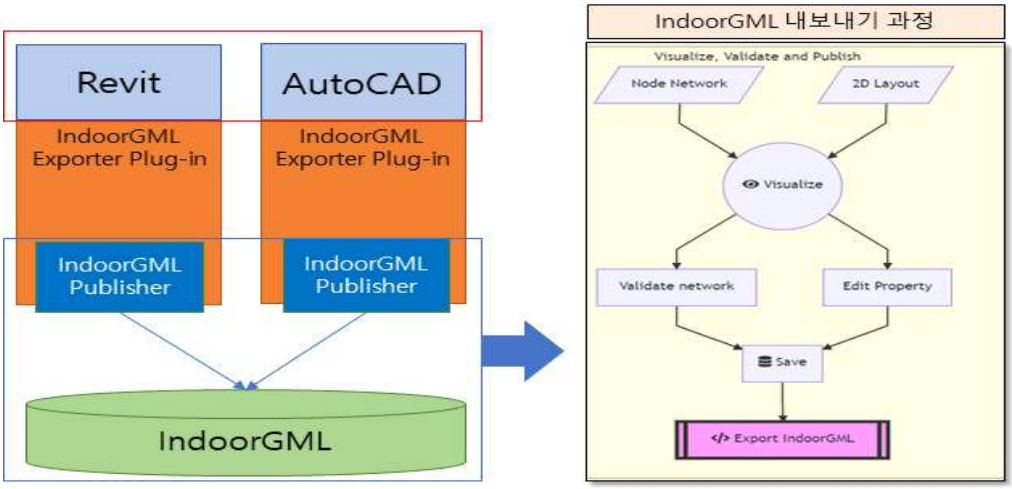


그림 326 IndoorGML 데이터 내보내기 프로세스 수립

○ IndoorGML 실무 적용을 위한 실내공간 Code List 적용(안) 수립

- 다음 표는 IndoorGML 속성입력을 위해 서울시립대학교에서 제시한 실내공간 분류표(안)임



그림 327 IndoorGML 실무적용을 위한 코드리스트

□ 기구축된 AutoCAD 자료를 IndoorGML 제작이 가능하도록 실내객체 모델링 방법을 정의한 CAD 데이터 전처리 방법론 개발

○ AutoCAD 데이터 전처리 방법론 개발

1) 기본 확인사항

- 도면을 열어서, 기본 사항 확인
- 평면도인지, 아래의 B 도면과 같이 2개 도면이 한 도면에 담겨있는지, 텍스트가 깨지지 않고 표시되는지 등을 확인

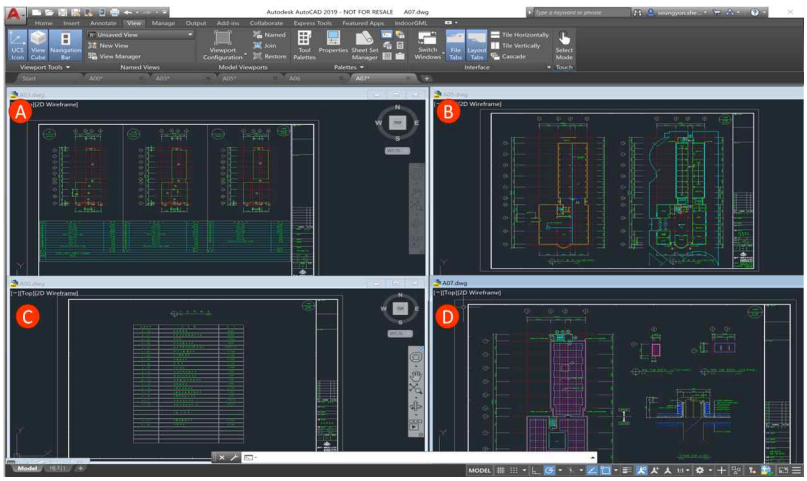


그림 328 변환 도면 확인

- 2개층 이상의 도면이 한 도면에 있는 경우는 별개 층의 도면으로 분리
- 건축도면만을 IndoorGML 추출을 위한 전처리 과정으로 넘겨 처리
- Elevation 정보와 Height 정보를 입력하면 자동으로 Room에 해당 속성을 입력(환경 설정)
  -> 아래 그림에서와 같이 Setting에서 FloorName/Elevation/Floor Height 등을 입력하면, Rood detecting시 해당 Room의 기본 정보로 입력되어 추출됨

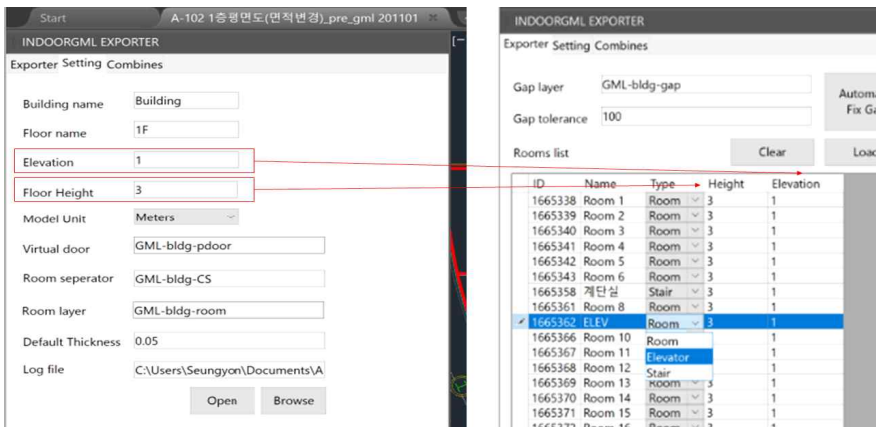


그림 329 Elevation 정보와 Height 정보를 입력 화면

2) Room Detecting을 위한 Layer 확인

- 선별된 건축 평면도면을 차례로 열어 전체 Layer가 Turn On 된 상태에서 Wall, Column, Window, Door, Text등 공간을 확인할 수 있는 Layer들만을 On하고 다른 Layer들은 Off



그림 330 전체 Layer가 On 상태의 도면

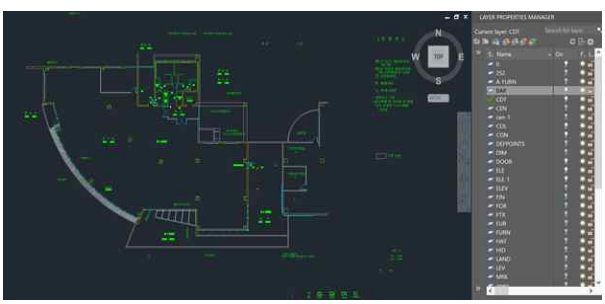


그림 331 Room Layer 만 Turn-On 상태인 도면

3) Room Detecting을 위한 보조 Layer 입력(gap, pdoor, cs)

- 아래의 3가지의 경우, IndoorGML 오브젝트 추출을 위한 처리로써 Layer를 추가하여, 해당 Layer에서 작업 진행

① Wall 사이에 Gap이 있어 room Detecting 이 되지 않는 경우

-> 사전 설정된 보조레이어를 사용하여 Gap부분을 연결

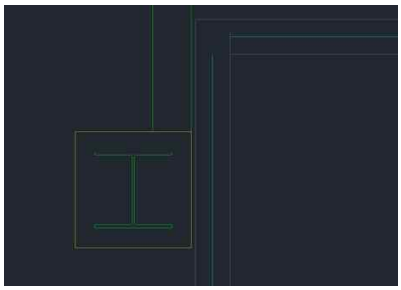


그림 332 전처리 전 도면

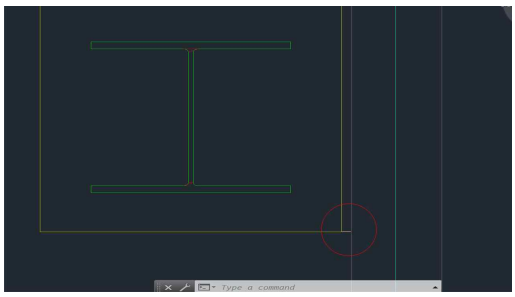


그림 333 전처리 후 도면

② Door Layer와 Wall이 연결되어 있는 않은 경우나, 기본 Door Object로 인해 Room Boundary가 탐지 되지 않거나, 문 모양 그대로 탐지되는 경우

-> 사전 설정된 보조레이어를 사용하여 Door부분을 연결

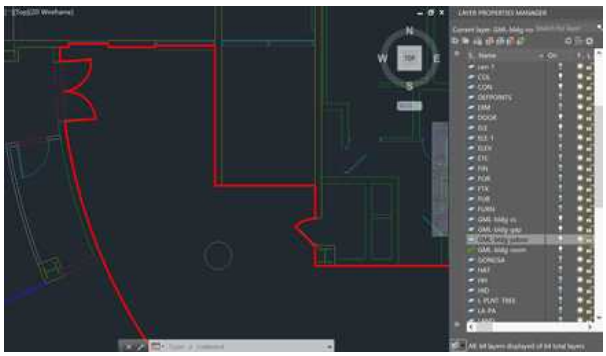


그림 334 전처리 전 Door 모양 그대로 탐지

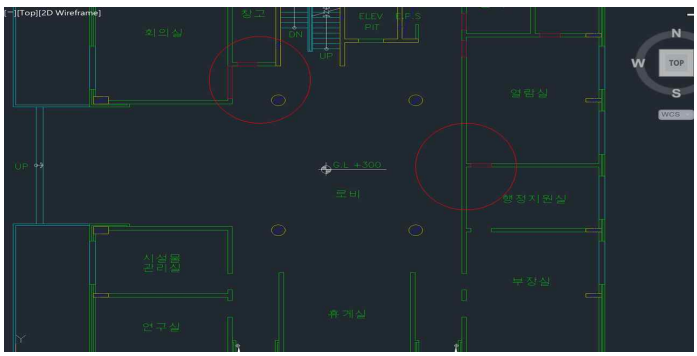


그림 335 전처리 후 도면

③ 연결되어 있는 공간이 Wall로 공간 구분이 되어 있지 않은 경우(가상 벽 설정 사례)

(예시) 계단실과 로비, 화장실과 로비 공간이 Wall 없이 연결되어 있어, 수정하지 않고 Room Detecting을 하는 경우, 전체가 하나의 Room으로 Detecting이 되므로 공간을 분리함(대공간에 대한 사용자 임의 설정 공간 수정시에도 동일하게 수정)

-> 사전 설정된 보조레이어를 사용하여 가상공간 벽(Virtual Wall)부분을 연결

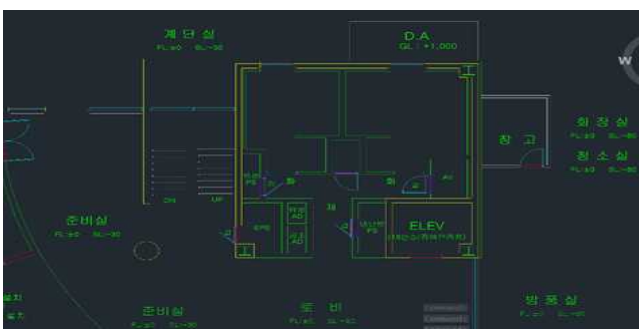


그림 336 전처리 전 도면

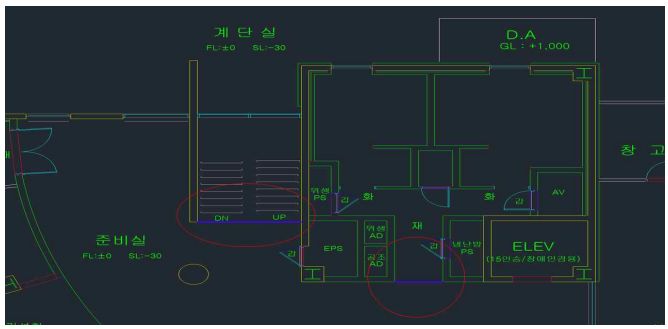


그림 337 전처리 후 도면

4) IndoorGML로 내보내기 전 Room Information 설정

① 층간 수직 연결을 위한 Stair와 Elevator Type 입력

- IndoorGML 추출시, 층별 동일 위치에 있는 Stair와 Elevator를 이용하여 수직 Transition 정보를 자동 생성할 수 있도록, 수직 연결 공간에 대한 속성 사전 입력

-> 계단실인 경우 Room 속성을 Stair, 엘리베이터인 경우, Elevator로 설정

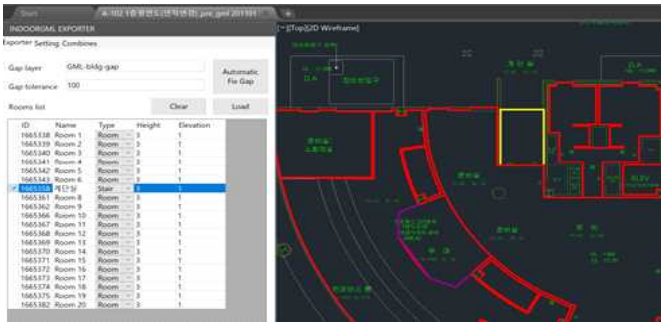


그림 338 Stair 속성 입력 화면

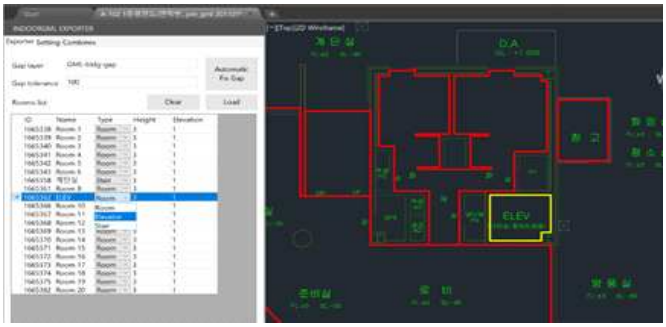


그림 339 Elevator 속성 입력 화면

☐ **Revit상에서 BIM 모델 제작·수정시 IndoorGML 제작이 가능하도록 실내객체의 모델링 방법을 정의한 BIM 모델 작업 매뉴얼 개발**

○ 기존 Revit 일반 전처리 방법론 개발

- Revit의 경우, Room 오브젝트와 Door 오브젝트가 생성되어 있음
- Not Placed Room과 From Room/To Room이 정보가 없는 Door 객체는 Indoor GML로 내보내기 전 검증하여, Revit Model에서 수정할 것들이 있는지 확인

1) 기본 확인사항

- 도면을 열어서, 기본 사항 확인

① 룸 태그를 클릭하여 룸 공간을 확인

② Revit의 Room Separator 기능을 활용하여, Wall 없이 구분되어진 공간 확인

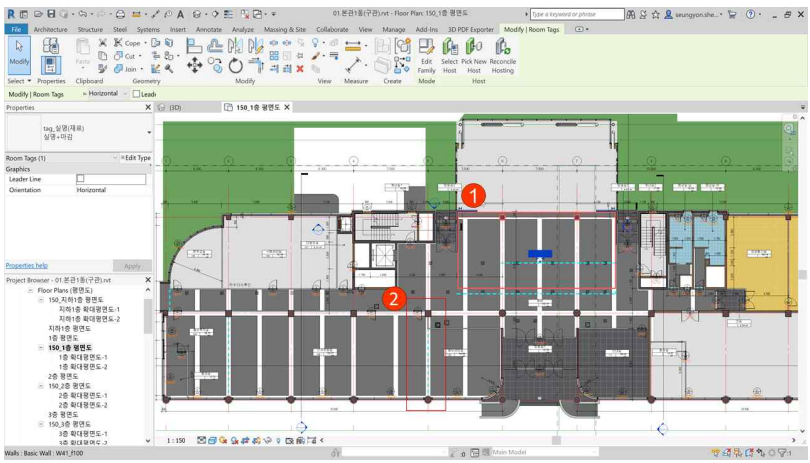


그림 340 Revit 공간 확인 화면

2) Room schedule 확인

- Room Schedule이 없는 경우, Room schedule을 생성하여 Not Placed Room의 경우 수정

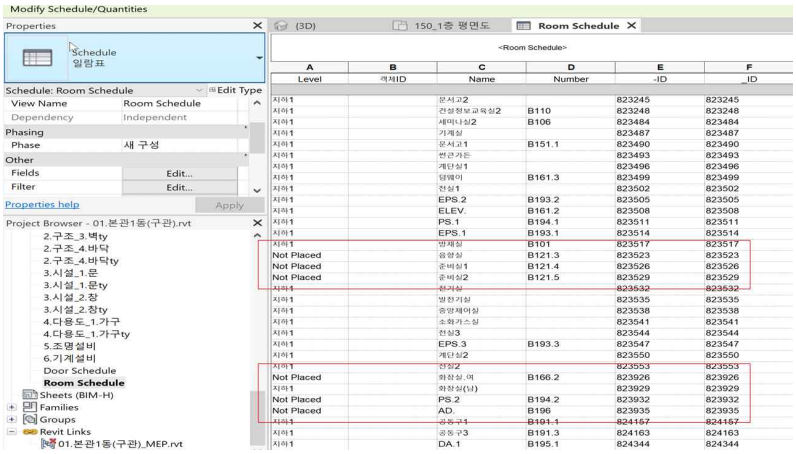


그림 341 Room Schedule 체크 화면

3) Door schedule 확인

- Door Schedule이 없는 경우, Door Schedule을 생성하여 Room과 연결되지 않는 문이 있는지 확인

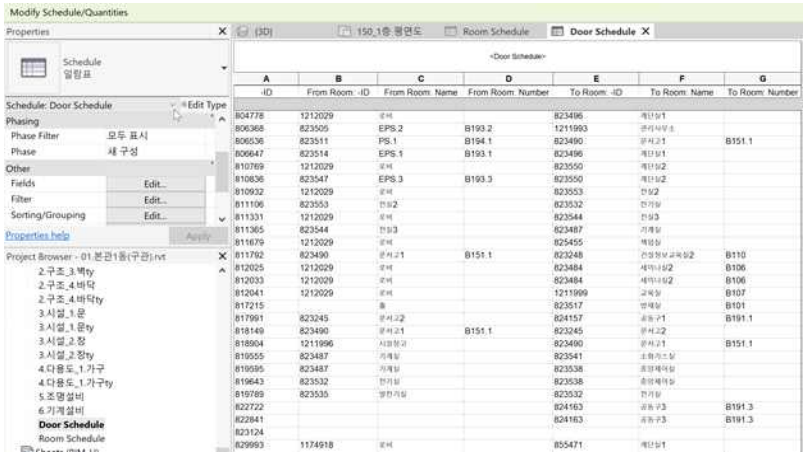


그림 342 Door Schedule 체크 화면

4) IndoorGML Exporter 실행시 재검증

① IndoorGML Exporter가 실행되면 Validator가 첫 화면으로 뜨며, Room Schedule 검증

② Door Schedule의 경우, From Room가 To Room이 없는 오브젝트(출입구인 경우)의 경우이므로 출입구 정보를 확인

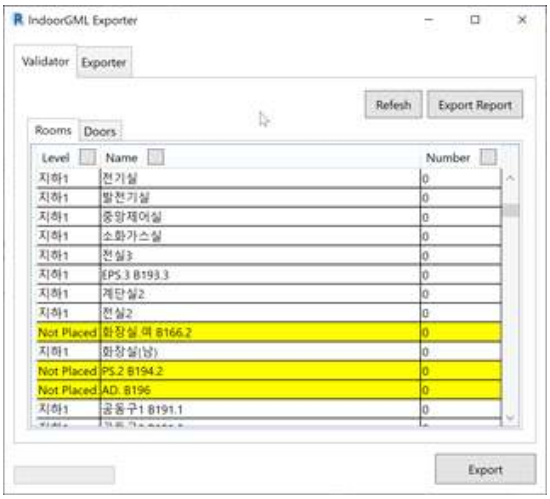


그림 343 Validator Room Schedule 검증 화면

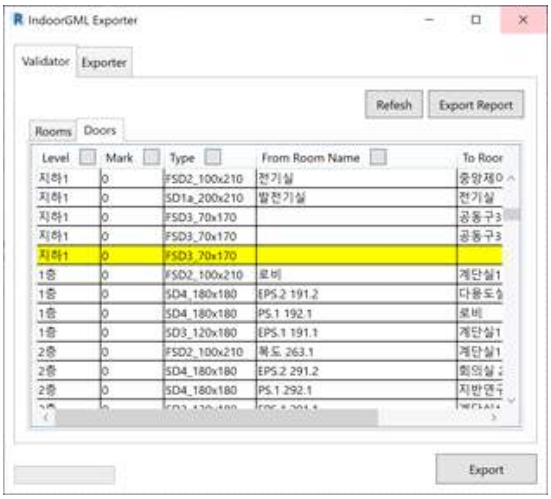


그림 344 Validator Door Schedule 검증 화면

③ Exporter에서 수직 통로(Elevator, Escalator, Stair) 의 Transition을 자동 생성할 수 있도록 Room Tag 확인 값을 입력

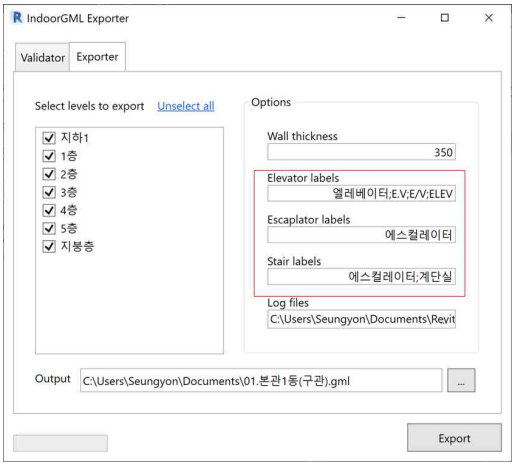


그림 345 수직 통로 설정 화면

(2) CAD SW(AutoCAD)기반 Plug-In 프로토타입 개발

☐ AutoCAD 상에서의 IndoorGML 생성을 위한 원 데이터(*.dwg) 사전 점검 기능 개발

1) AutoCAD 도면의 다양성 반영 : AutoCAD 도면의 경우, 많은 Layer를 이용하여 건축상 뿐 아니라, 축렬, 센터라인, 텍스트 정보 등 다양한 정보를 담고 있으며, Naming 규칙도 도면 마다 상이함

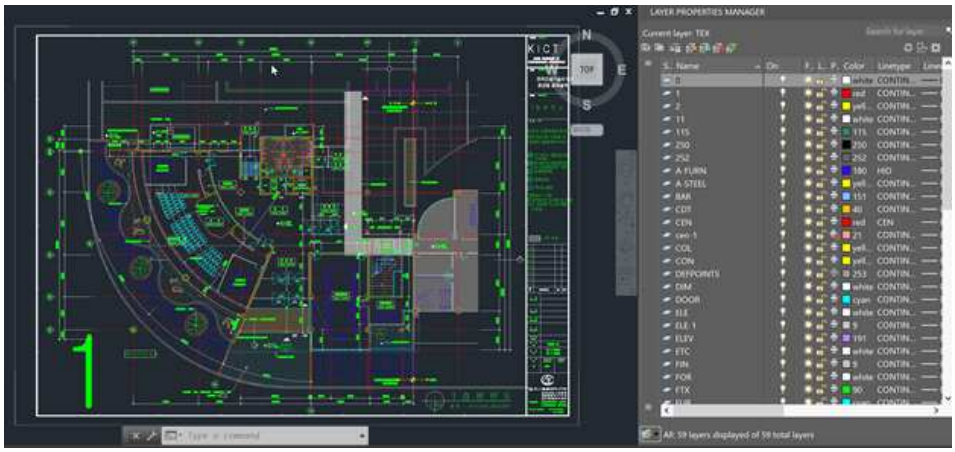


그림 346 KICT 본관2동 1층 평면도 예시(59개 레이어)

- WALL의 경우, WALL 레이어만 On 하면 공간을 Detecting 할 수 있는 것이 아니라, Window 레이어, Column레이어를 기본적으로 On 해야지 공간을 Detecting 할 수 있는 기본 조건이 됨
- WALL, Window, Column 레이어를 On 했음에도 Close되지 않은 공간이 있어, Room Boundary를 Detecting을 할 수 없으므로, 이를 확인하고 Room을 구성하는 레이어 조합을 찾아야 함
- 아래의 그림은 한 가지 예이며, 다른 도면의 경우, 다양한 Layer로 작업이 되어있어, 각 도면마다 WALL 레이어와의 조합을 찾아야 함

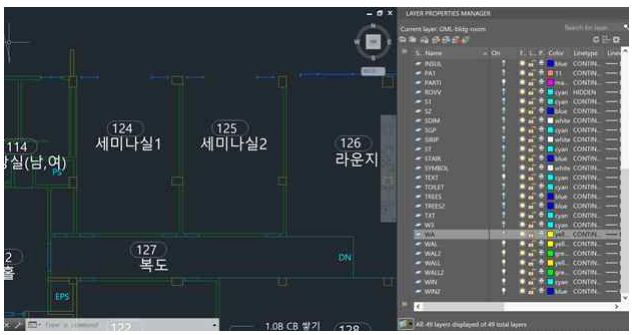


그림 347 21세기관 1층 평면도 예시

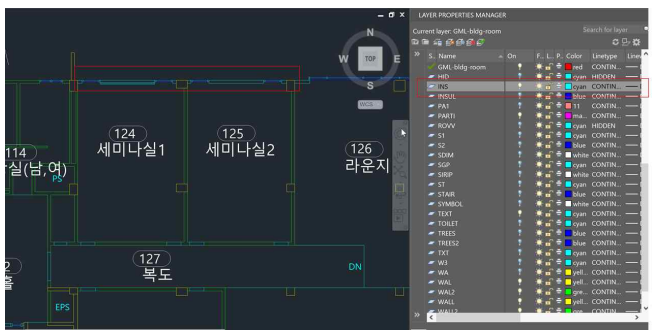


그림 348 21세기관 1층 도면 평면도 벽체 구성 예시

2) 폐쇄 공간에 대한 Room Detecting을 위한 전처리 기능 개발

- 위의 예에서 살펴보았던 것처럼 닫힌 공간 상태여야만 프로그램을 통한 Detecting이 가능하기에 Layer를 On 해주는 방법으로 공간을 닫아주는 방법은 AutoCAD 도면 자체의 Layer를 사용함
- 그러나 아래의 Door의 경우처럼 열려진 경우는 Door의 위치 및 공간 Detecting이 되지 않음
- 해당 도면의 Door를 IndoorGML의 Door 오브젝트(Cell space boundary)로 탐지할 수 없기에, 아래와 같이 Rectangle을 GML-bldg-pdoor 레이어를 만들어 그려줌 (레이어명은 사용자 정의)
- Rectangle의 역할
  ① 공간을 막아주기 위한 용도
  ② Door로 탐지되어 IndoorGML의 Cell Space Boundary로 추출

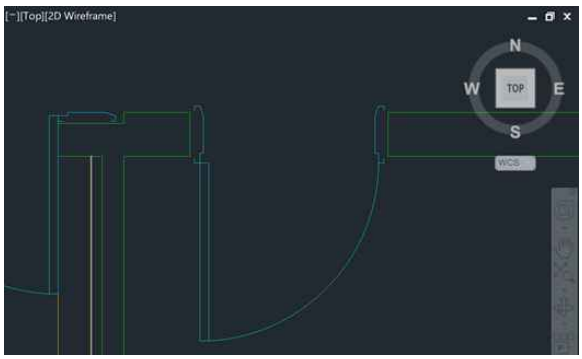


그림 349 Door와 Wall사이에 Gap이 있는 경우

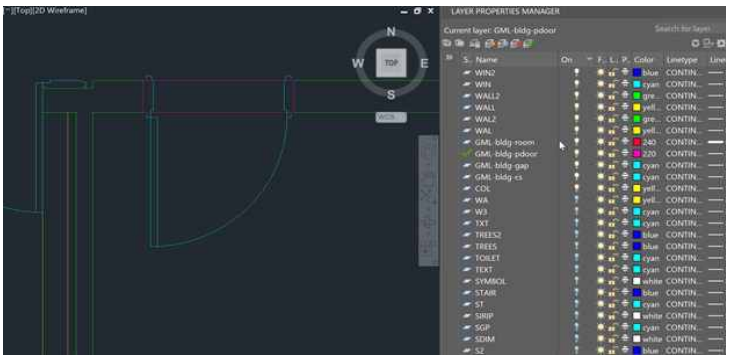


그림 350 Door 위치에 Rectangle 그리기

- Rectangle에 의해 공간이 막히게 되면 아래와 같이 프로그램의 Detecting 버튼을 이용해 Room Detecting이 됨. Door Layer가 On 상태에서는 Door 윤곽선에 따라 Room이 생성됨. Door Layer를 Off하면 전 단계에서 수정한 Rectangle을 기준으로 Room Boundary가 생성됨

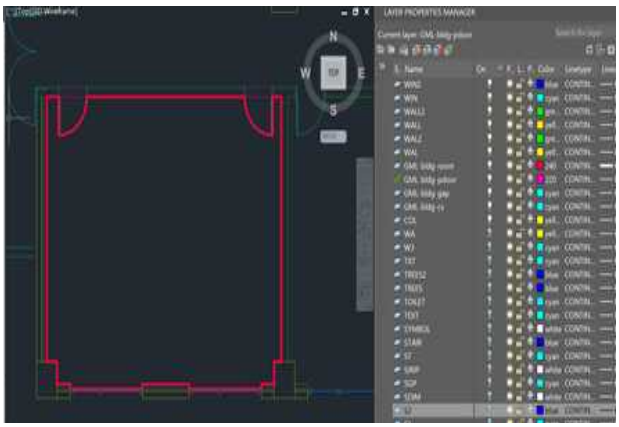


그림 351 Door Layer On 상태의 경우

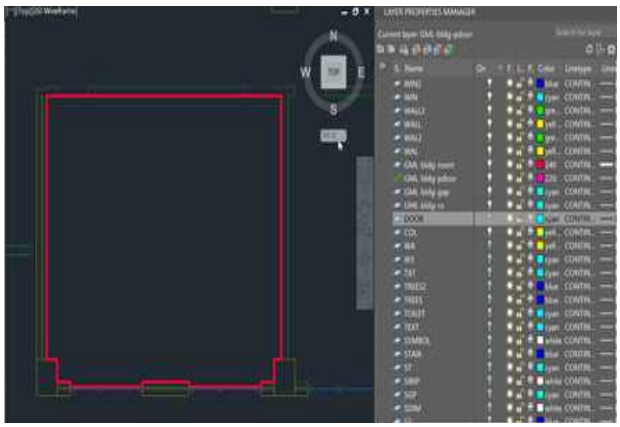


그림 352 Door Layer Off 상태의 경우

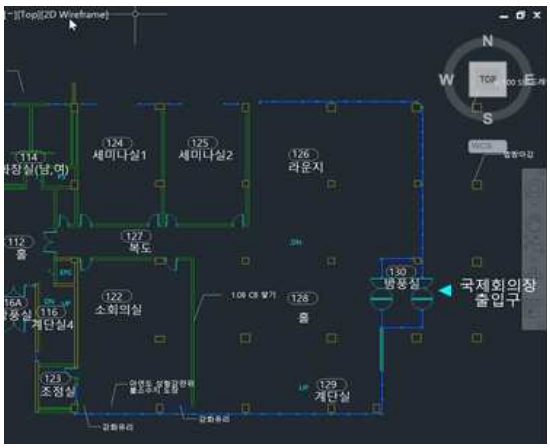
3) IndoorGML 생성을 위한 전처리 지원을 위한 도면 객체 편집 지원 기능 개발

- 원본 도면을 수정하지 않고, IndoorGML 추출만을 위한 별도 레이어를 설정하기 위해 사전 정의된 레이어를 Plug-In 실행시 자동으로 설정하는 기능

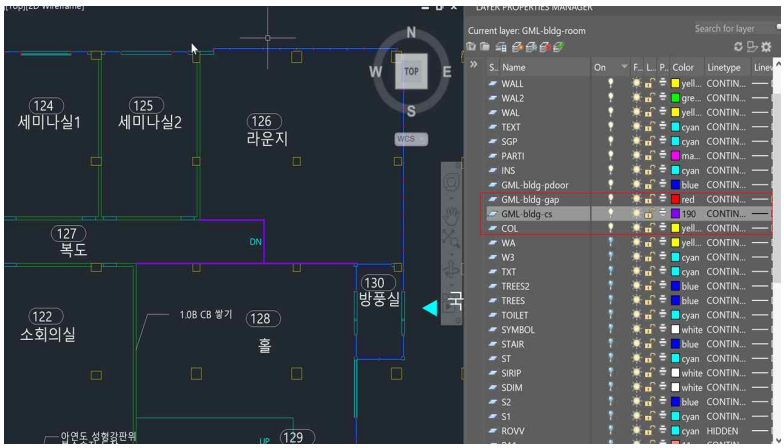
표 135 IndoorGML 생성 전처리 용 레이어

IndoorGML용 레이어	용도	사용방법	비고
GML-bldg-pdoor	Indoor GML에 Door로 오브젝트로 활용	편집자가 레이어를 생성하고 문 위치에 그려줌	
GML-bldg-cs	IndoorGML에 Cell Space Boundary로 추출	편집자가 레이어를 생성하고, Revit의 Room Separator처럼 공간 구분지점에 라인을 그려 입력	
GML-bldg-gap	공간을 막는 용도로만 활용	편집자가 레이어를 생성하고, Detecting시 갭을 발견했을 시에 해당갭을 이 레이어로 막아줌	
GML-bldg-room	Detecing 한 Roon Boundary를 저장하는 용도로 활용	편집자가 레이어를 생성	

① GML-bldg-cs 활용 예시: 라운지와 홀 등을 복합한 공간을 가상으로 분할하기 위한 레이어

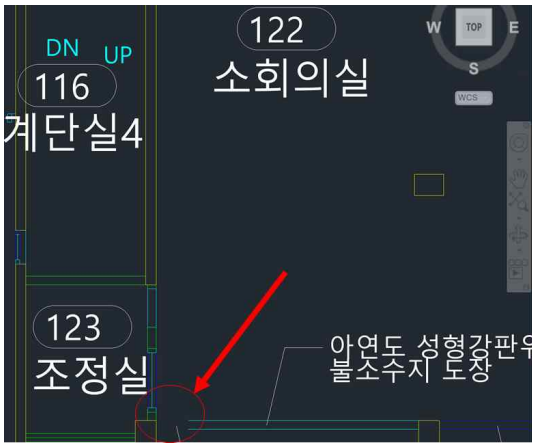


복잡한 라운지(홀) 연결 공간 사례

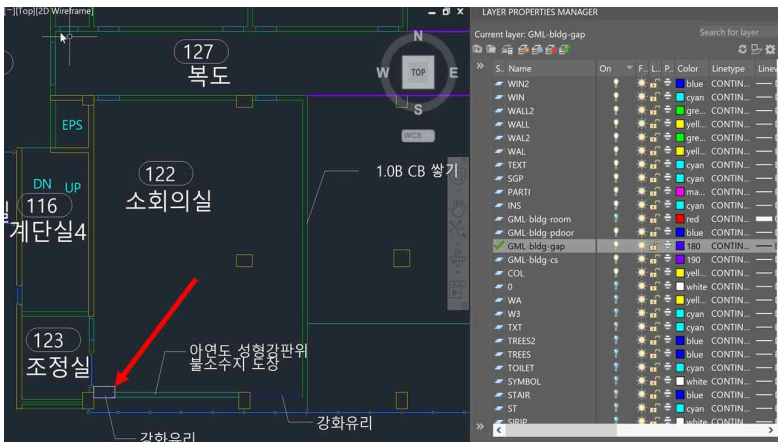


라운지(홀) 가상공간 분리 분리 사례

② GML-bldg-gap : 도면 제작시 문이나 벽이 폐쇄되지 않아 Room Detecting이 되지 않는 경우



도면상에 Gap이 있는 사례



Gap부분을 GML-bldg-gap 레이어로 수정한 사례

③ GML-bldg-room : IndoorGML변환시 Cell Space로 추출될 Room Boundary 레이어



Room Detecting시 자동 생성된 Room Boundary(노란선) 예시

- 레이어를 On/Off 하고, gap이 없음에도 Room Boundary가 Detecting이 되지 않거나, Layer를 찾기가 쉽지 않을 때는 'GML-bldg-room' 레이어에 Room Boundary(막힌 PolyLine)를 직접 그려 넣으면 Room을 생성할 수 있음

☐ AutoCAD상에서 폐쇄공간(Room 등) 탐지 및 IndoorGML 객체 생성 기능 개발

1) Exporter 환경설정(Setting) 기능 개발

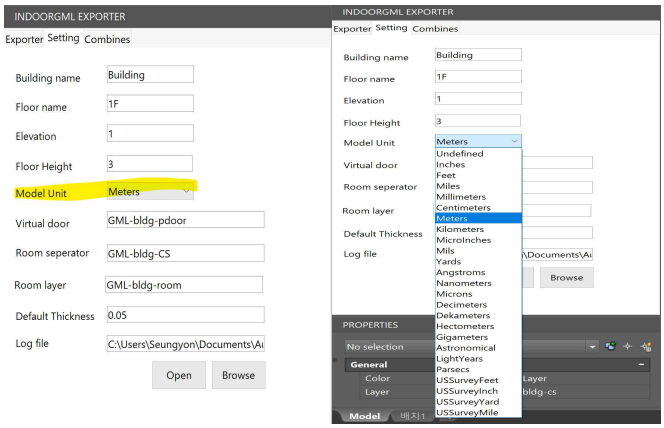
- Room을 Detecting 외에도 기본적인 Building 관련된 IndoorGML 변환 환경을 입력하고, 이를 IndoorGML 변환시 자동 적용함

표 136 Setting 설정 값

Setting 설정 값	설명
Building Name	IndoorGML에 Building 이름으로 입력되는 이름
Floor Name	Floor 이름을 입력
Elevation	Combining 할때, 이 Elevation 값에 따라 Z축을 기준으로 Combining
Floor Height	기본 설정 Height 값으로, Exporter에서 개별 Room별로 설정
Model Unit	Model Unit을 설정
Virtual Door	실제 Door 대신 pdoor레이어를 처리하게끔 하는 설정
Room Separator	레빗의 Room Separator와 같은 공간 구분 을 처리할 수 있게 한 레이어 설정
Room Layer	Room Detecting을 통해 탐지된 Room Boundary를 저장
Default Thickness	IndoorGML에서 적용된 Cell space Thickness 설정
Log File	추출결과 log파일 명 및 저장위치를 설정



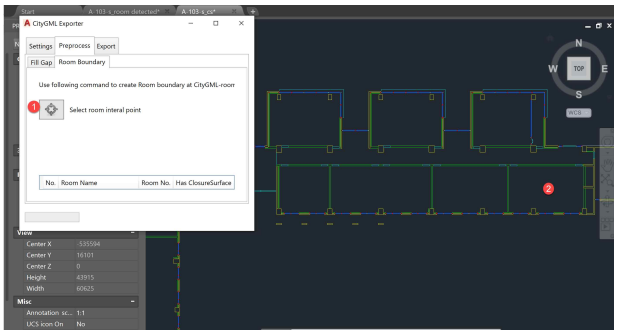
Exporter 환경설정 화면



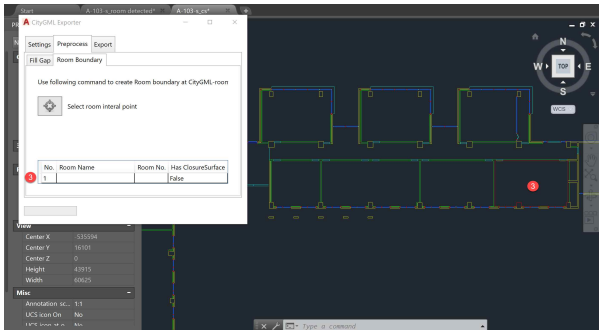
길이 입력 단위 설정 화면

2) 폐쇄공간(Room) Detecting 기능 개발

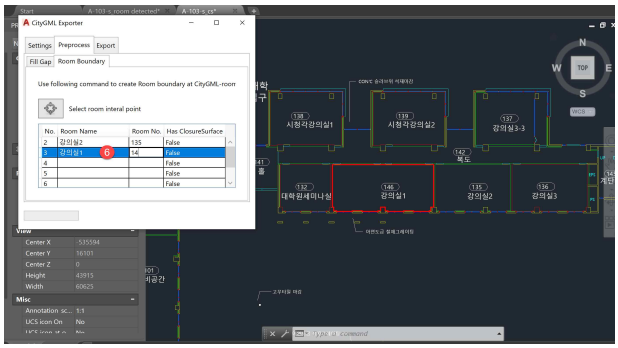
- 사전 정리한 도면의 폐쇄공간영역(Room 내부의 임의의 위치)을 사용자가 클릭하면, 자동으로 공간폐쇄여부를 분석하여 자동으로 IndoorGML의 Cell Sapce Boundary를 인식하는 기능을 개발



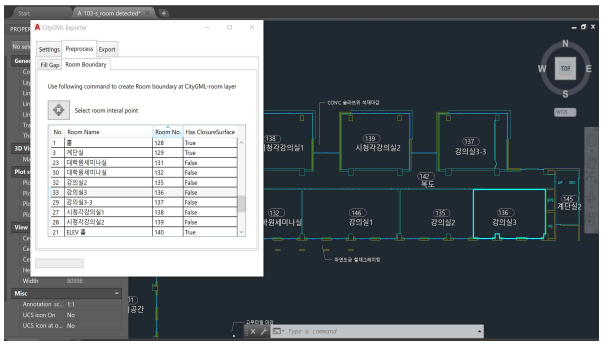
Room Detection 메뉴



Room 클릭시 인식



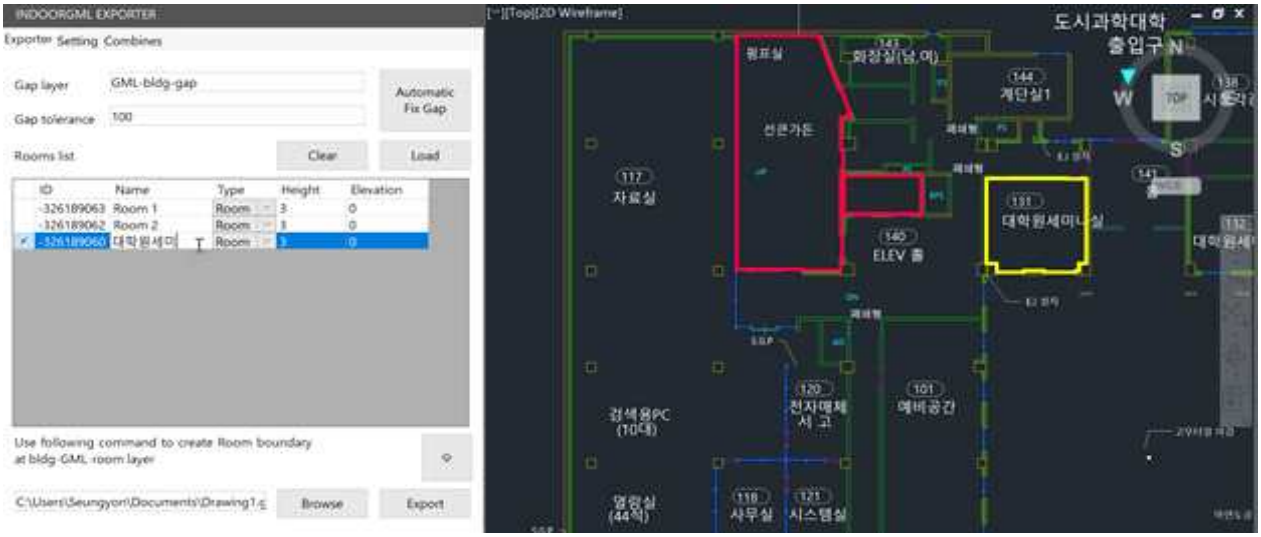
다수 Room 공간 인식



인식된 Room 객체에 대한 기본정보입력

3) 기본 속성정보 입력기능 개발

- Room List에서 Room을 선택하면 노란색으로 하이라이트 되면, Text 레이어를 On해서 Room Tag를 클릭하면, 텍스트 내용을 인식하여 자동으로 속성이 입력됨. 이후 사전 정의된 Room Type을 선택하여 입력함(높이값과, 층 정보는 환경설정 값을 통해 일괄 적용됨)



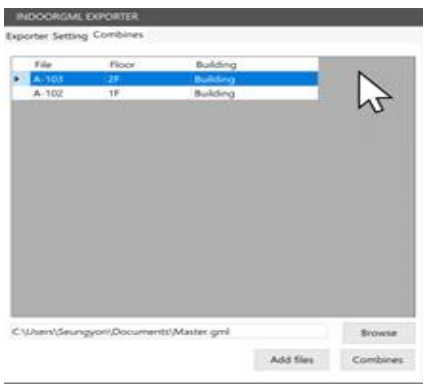
속성정보(이름) 편집 화면



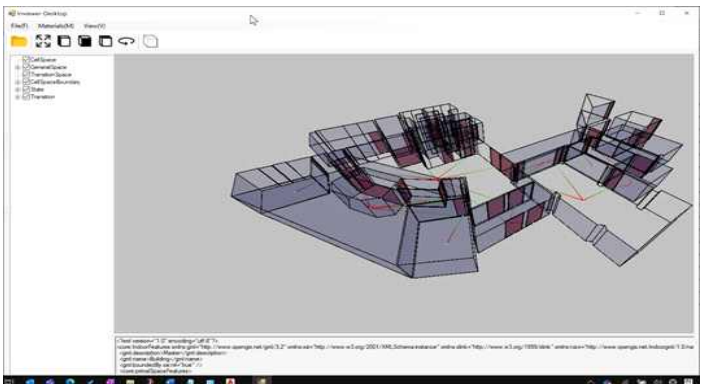
속성정보(Type) 편집 화면

4) 수직 Transition을 이용한 층별 IndoorGML 자동 연결 기능 개발

- AutoCAD의 경우, *.dwg도면별(층별)로 IndoorGML이 추출되므로, 개별 층을 추출한 후 Combining 메뉴를 이용하여 층별 IndoorGML 데이터를 읽어 하나의 빌딩 모델로 통합



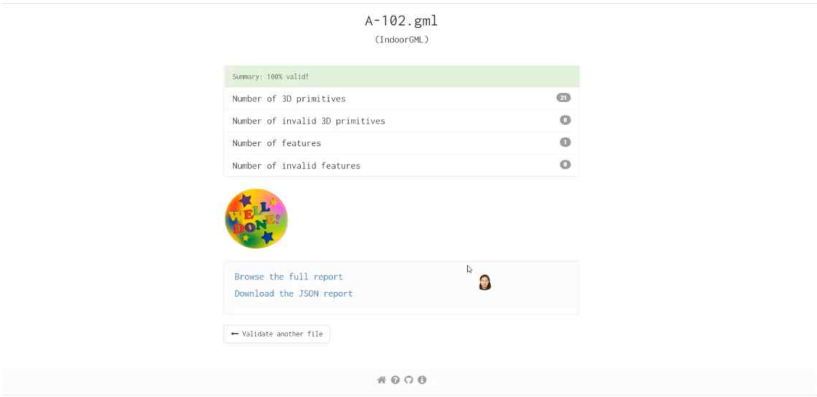
층별 결합(2개층 예시)



InViewer에서 결과 확인(지하층이 더 넓은 경우)

☐ IndoorGML Validator 를 이용한 변환결과 검증

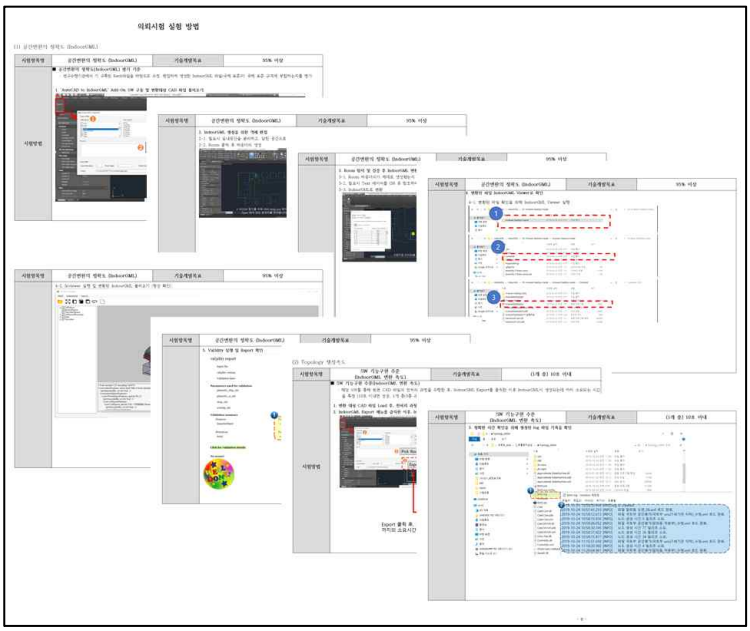
- 변환된 IndoorGML파일을 OGC Val3dity로 검증하여 올바르게 변환됐는지를 검증



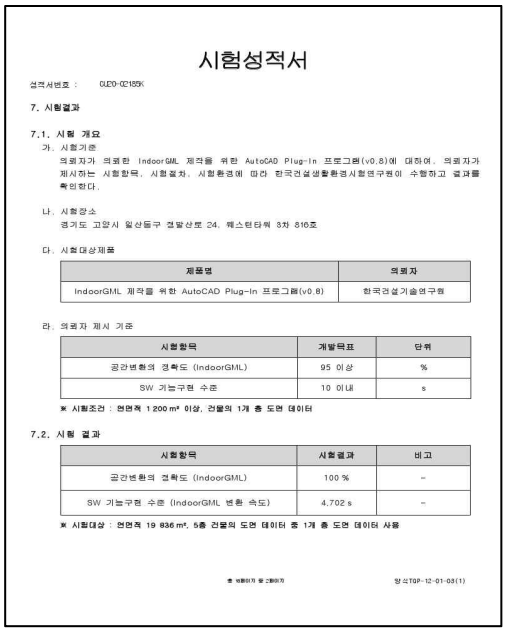
변환된 파일 Val3dity 검증

☐ AutoCAD Plug-In 개발성과에 대한 외부 검증기관 시험 방법 설계 및 시험 인증 실시

1) 공간변화의 정확도 평가 : 연구수행기관에서 기 구축된 CAD파일을 바탕으로 수정, 편집하여 생성한 IndoorGML 파일(국제 표준)이 국제 표준 규격에 부합하는지를 평가
2) SW 기능구현 수준 : 해당 SW를 통해 원본 CAD 파일의 전처리 과정을 수행한 후, IndoorGML Export를 클릭한 이후 IndoorGML이 생성되는데 까지 소요되는 시간을 측정 (10초 이내면 성공, 1개 층(5층 규모건물), 연면적 1200m^2 이하 건물)



AutoCAD Plug-In 시험 방법 수립



시험성적서

설적서번호 : OLE0-0C185K

7. 시험결과

7.1. 시험 개요

가. 시험기준

의뢰자가 의뢰한 IndoorGML 제작을 위한 AutoCAD Plug-In 프로그램(v0.8)에 대하여, 의뢰자가 제시하는 시험항목, 시험절차, 시험환경에 따라 한국건설생활환경시험연구원이 수행하고 결과를 확인한다.

나. 시험장소

경기도 고양시 일산동구 경발산로 24, 웨스턴타워 8차 816호

다. 시험대상제품

제품명	의뢰자
IndoorGML 제작을 위한 AutoCAD Plug-In 프로그램(v0.8)	한국건설기술연구원

라. 의뢰자 제시 기준

시험항목	개발목표	단위
공간변화의 정확도 (IndoorGML)	95 이상	%
SW 기능구현 수준	10 이내	s

※ 시험조건 : 연면적 1,200 m² 이상, 건물의 1개 층 도면 데이터

7.2. 시험 결과

시험항목	시험결과	비고
공간변화의 정확도 (IndoorGML)	100 %	-
SW 기능구현 수준 (IndoorGML 변환 속도)	4.702 s	-

※ 시험대상 : 연면적 19 836 m², 5층 건물의 도면 데이터 중 1개 층 도면 데이터 사용

AutoCAD Plug-In 시험성적서(KCL)

(3) BIM SW(Revit)기반 Plug-In 프로토타입 개발

☐ Rebvit상에서의 IndoorGML 생성을 위한 원 데이터(*.rvt) 사전 점검 기능 개발

○ Revit의 경우, Room 오브젝트와 Door 오브젝트가 생성되어 있음

○ Not Place Room과 From Room/To Room이 정보가 없는 Door 객체는 Indoor GML로 내보내기 전 검증하여, Revit Model에서 수정할 것들이 있는지 확인

1) 기본 확인사항

- 도면을 열어서, 기본 사항 확인

① 룸 태그를 클릭하여 룸 공간을 확인

② Revit의 Room Separator 기능을 활용하여, Wall 없이 구분되어진 공간 확인

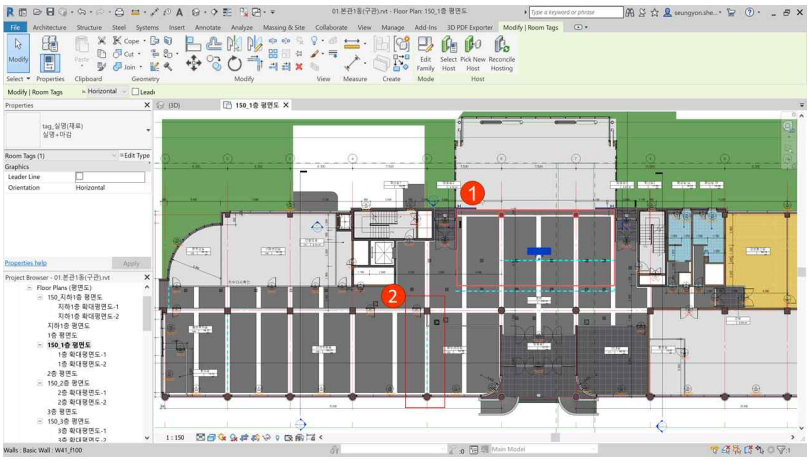


그림 371 Revit 공간 확인 화면

2) Room schedule 및 Door schedule 확인

- Room Schedule이 없는 경우, Room schedule을 생성하여 Not Place Room의 경우 수정
- Door Schedule이 없는 경우, Door Schedule을 생성하여 Room과 연결되지 않는 문이 있는지 확인

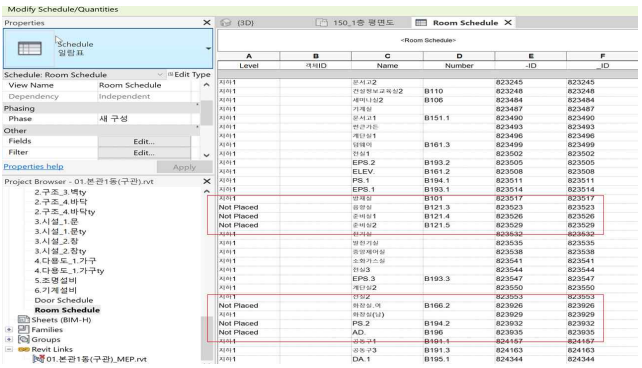


그림 372 Room Schedule 체크 화면

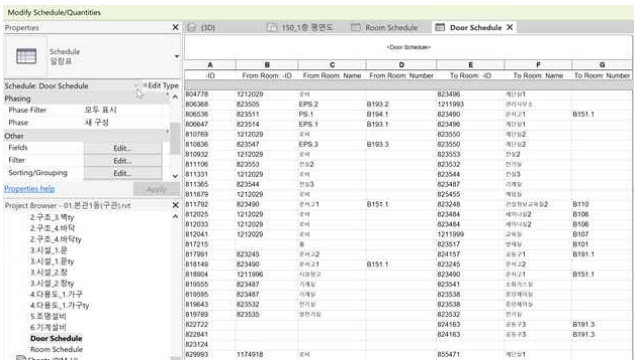


그림 373 Door Schedule 체크 화면

☐ IndoorGML 변환시 Export를 이용한 기본정보 입력 여부 사전 점검 기능 개발

1) IndoorGML Exporter 실행시 재검증

① IndoorGML Exporter가 실행되면 Revit Data 사전점검 Validator가 실행되며, Room Schedule 검증 -> 'Not Placed'로 표기된 경우 에러 메시지 표시(노란색)

② Door Schedule의 경우, From Room가 To Room이 없는 오브젝트(출입구인 경우)의 경우이므로 출입구 정보를 확인 -> 'From-Room/To-Room'정보가 없는 경우 에러 메시지 표시(노란색)

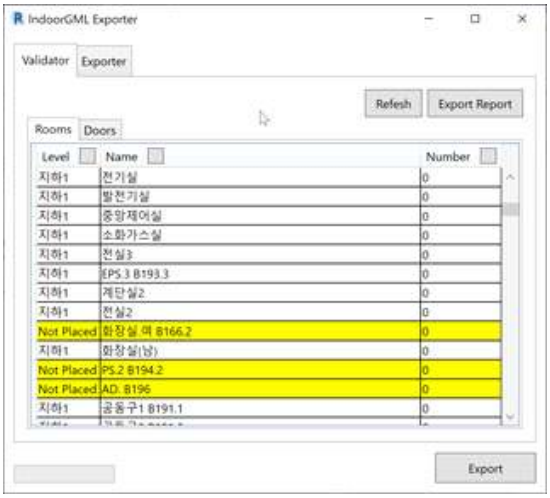


그림 374 Validator Room Schedule 검증 화면

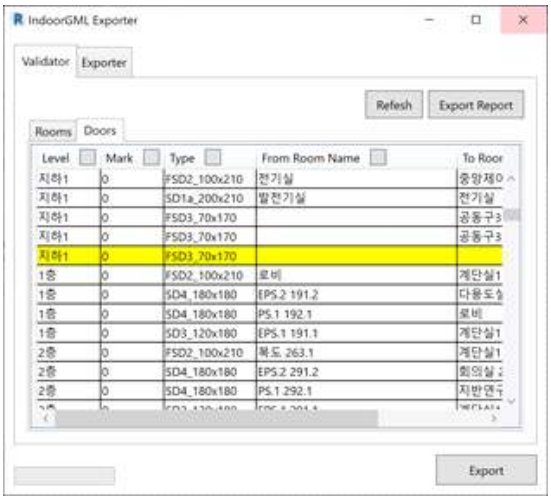


그림 375 Validator Door Schedule 검증 화면

③ Revit Plug-In에서는 사용자가 선택한 층에 대해서만 변환할 수 있는 기능을 개발

- 내보낼 층/전체 층을 선택한 후 Export를 눌러 IndoorGML로 추출하고, Viewer에서 확인

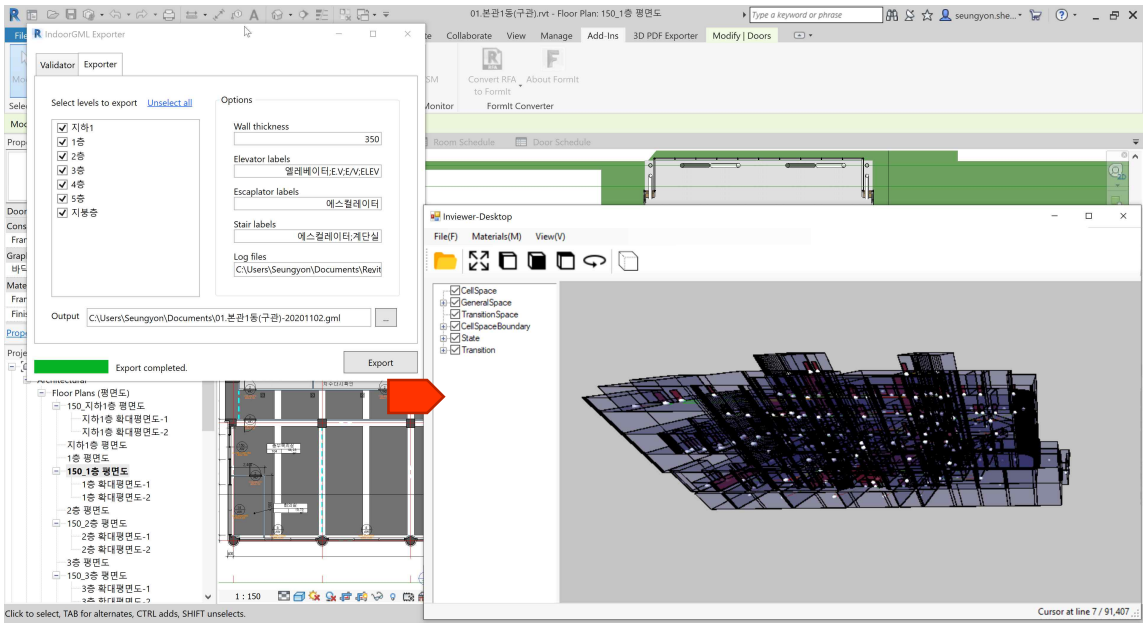


그림 377 전체층(지하 1층, 지상 5층, 지붕층 예시)

☐ Revit의 'Room Seperator' 기능을 활용한 복잡공간 및 대공간 임의 분할 기능 개발

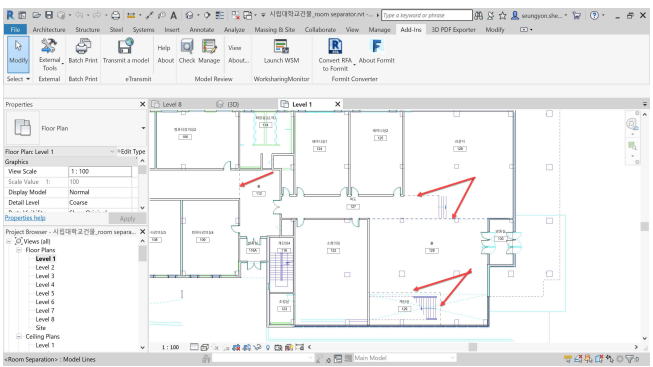


그림 378 Room Seperator로 가상공간 입력(점선)

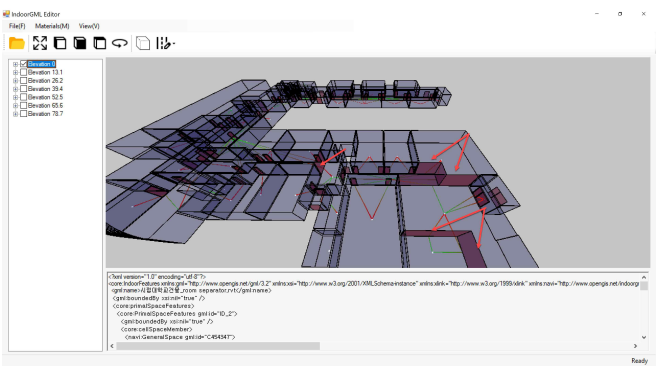


그림 379 IndoorGML 변환 결과(분할된 공간 표시)

☐ IndoorGML Exporter 개발

○ Revit의 경우, CAD 자료와 달리, 기본적인 길이 단위와 높이정보를 포함하고 있어 기본 환경설정 값이 AutoCAD Plug-In과는 차이가 있음

표 137 IndoorGML Exporter 화면 설명

설정	설명	비고
Select Level	모델의 Level 정보를 읽어 자동으로 목록을 표시하며, 내보내고자 하는 층을 선택적으로 내보낼 수 있음	
Wall Thickness	IndoorGML로 내보낼 때의 Wall Thickness 설정 값을 입력	
Elevator labels	수직 통로 연결을 위해, Elevator를 탐지하기 위한 Label 키워드를 입력. 룸 태그가 키워드를 포함하고 있으면 Elevator로 처리되어 위 아래 공간을 수직으로 연결	
Escalator labels	Escalator를 탐지하기 위한 Label 키워드를 입력. 룸 태그가 키워드를 포함하고 있으면 Escalator로 처리되어 위, 아래 공간을 수직으로 연결	
Stair labels	계단을 탐지하기 위한 Label 키워드를 입력. 룸 태그가 키워드를 포함하고 있으면 계단으로 처리되어 위, 아래 공간을 수직으로 연결	
Log files	추출 로그를 기록할 파일의 위치와 파일명	
Output	IndoorGML 결과파일을 저장할 위치와 파일명을 설정	

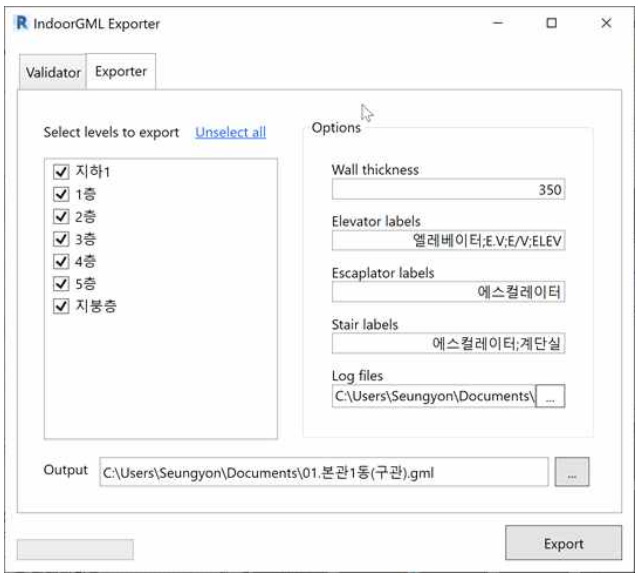
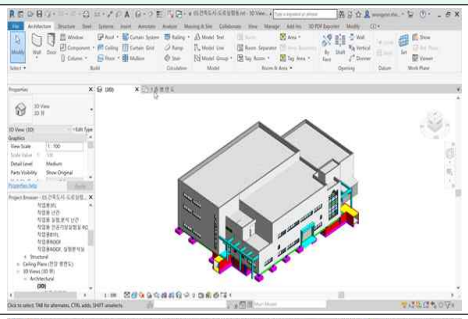
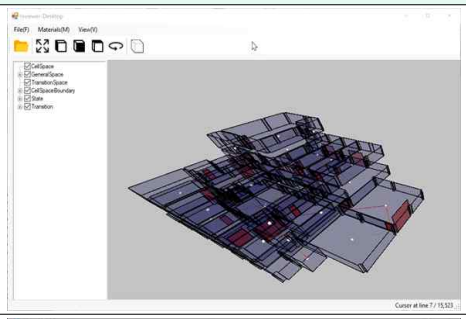
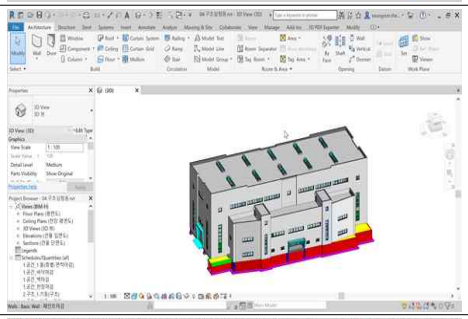
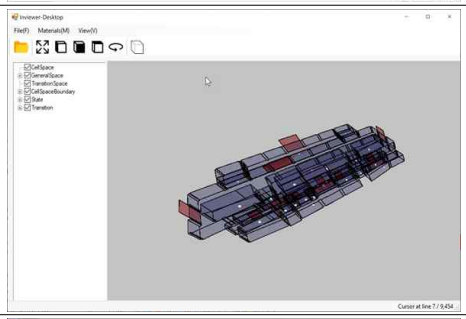
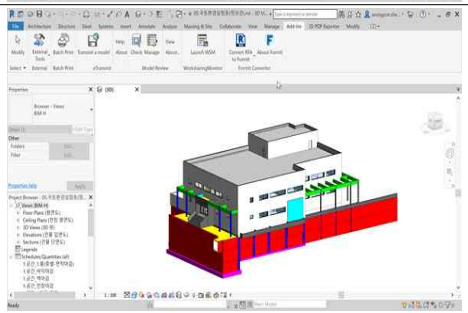
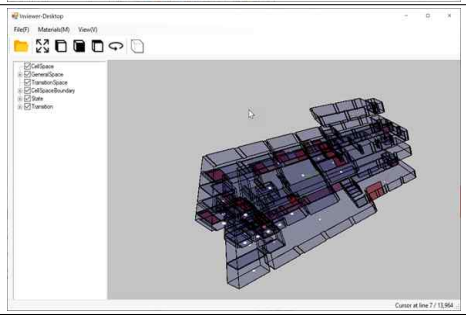
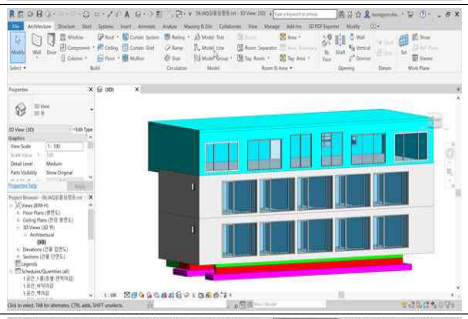
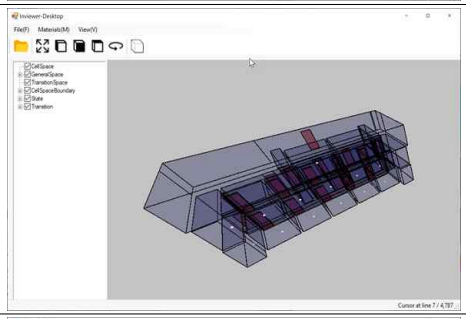
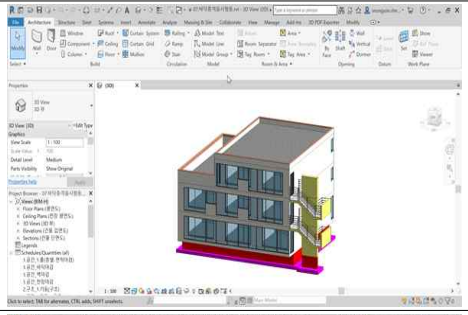
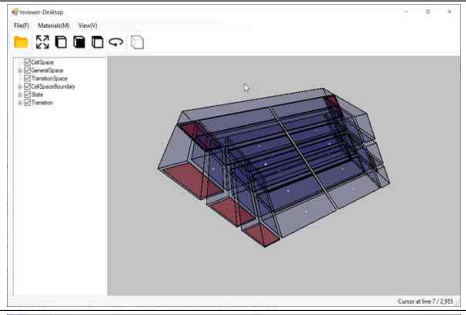
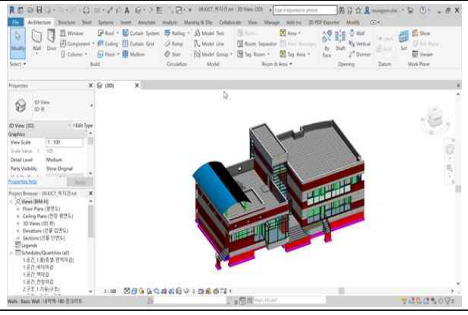
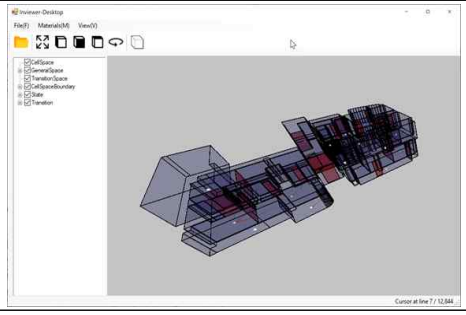
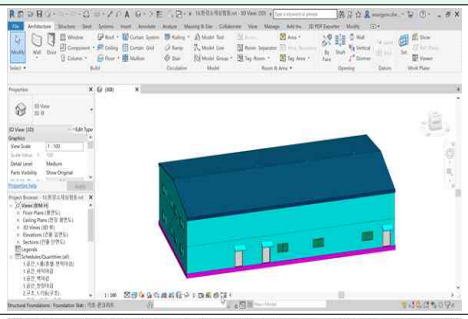
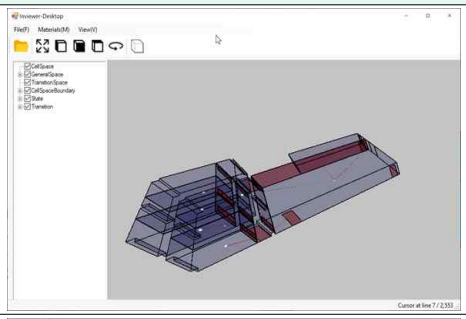
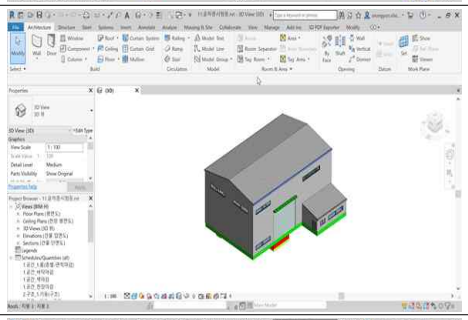
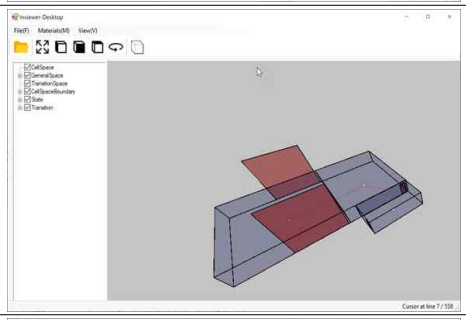
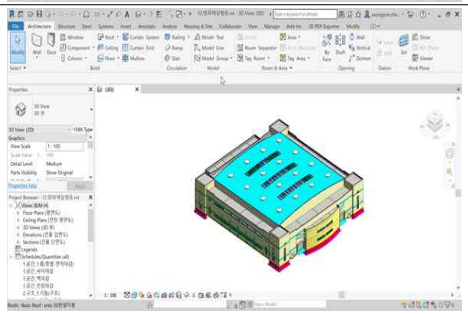
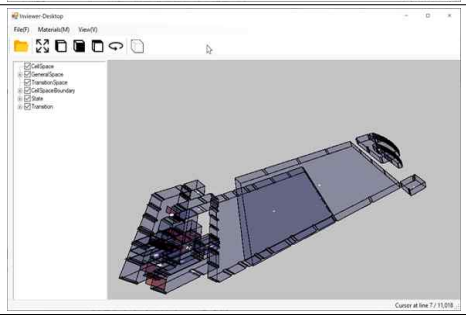
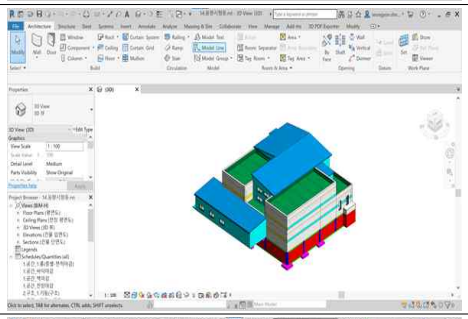
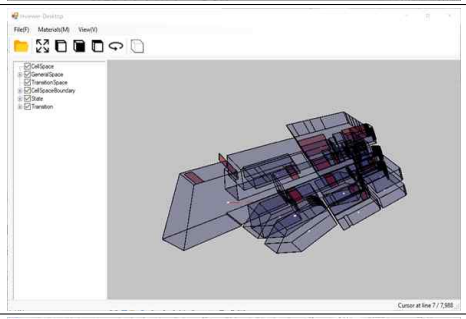
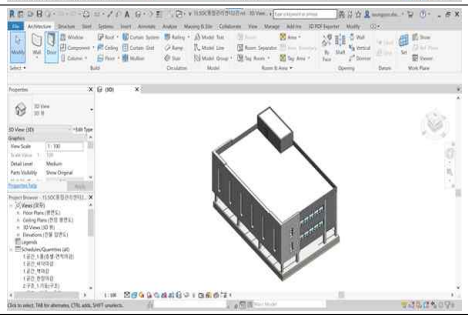
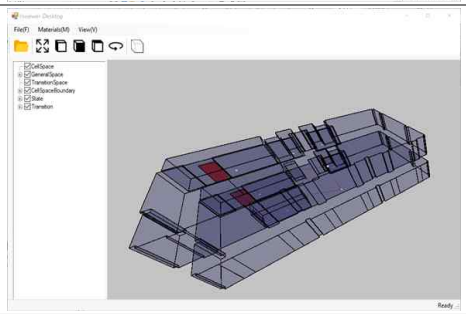
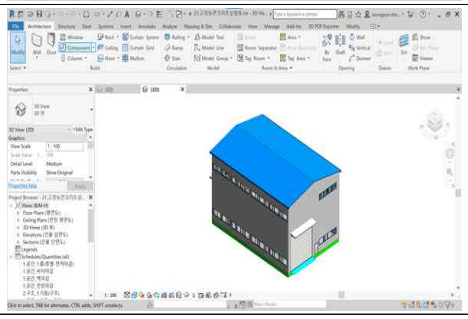
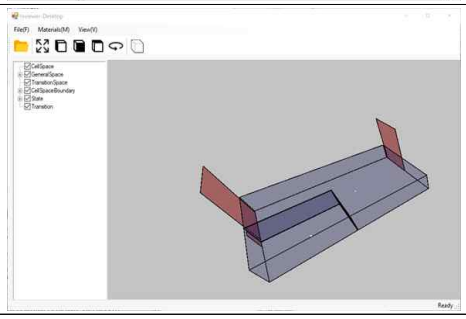
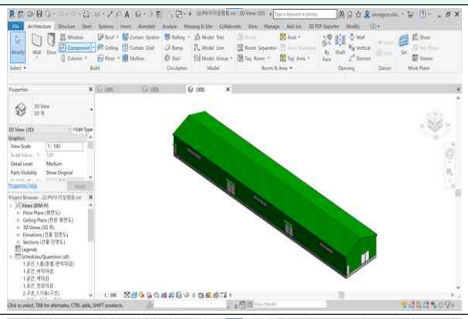
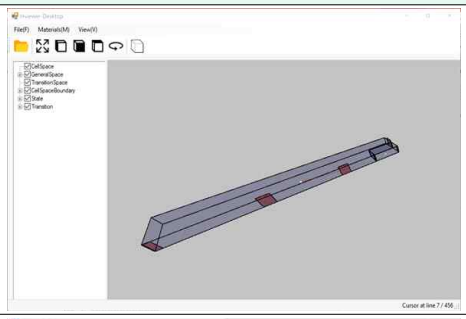
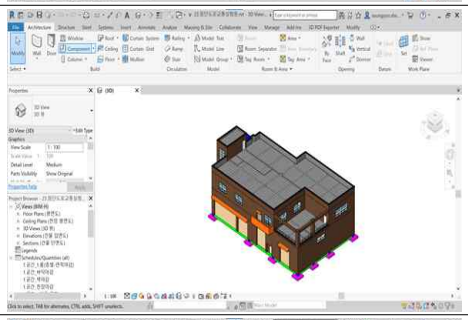
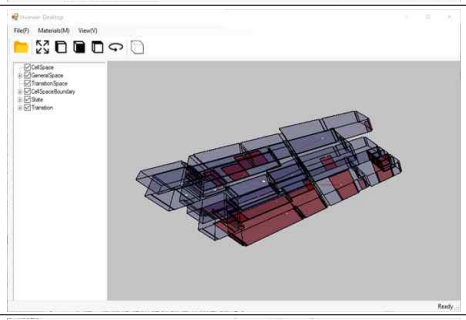
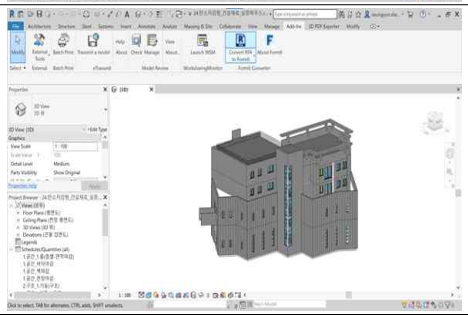
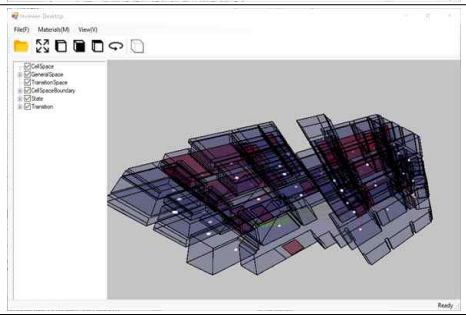
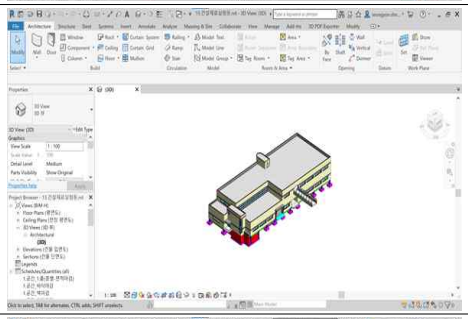
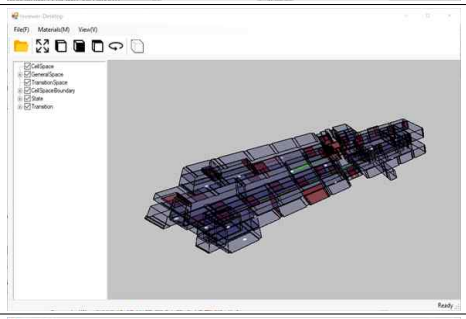
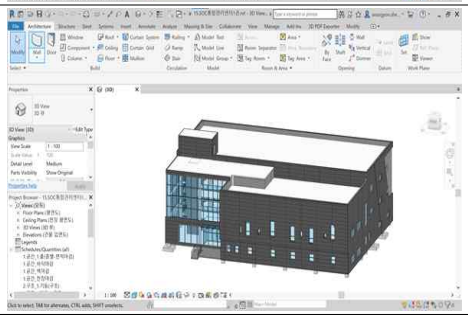
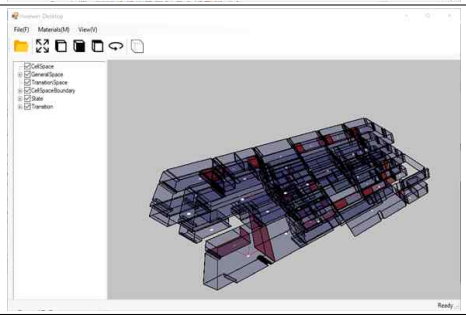
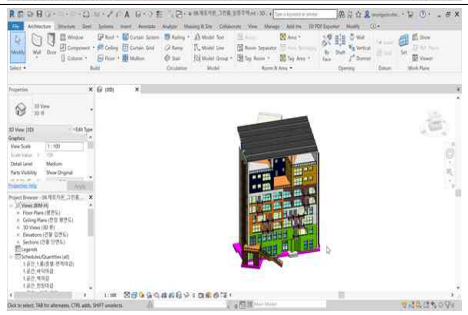
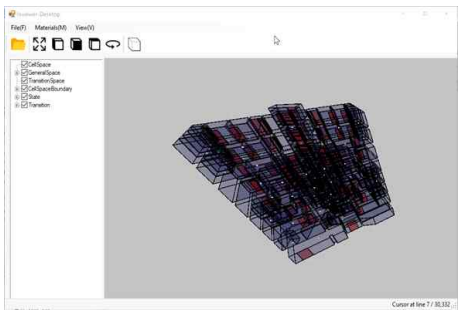


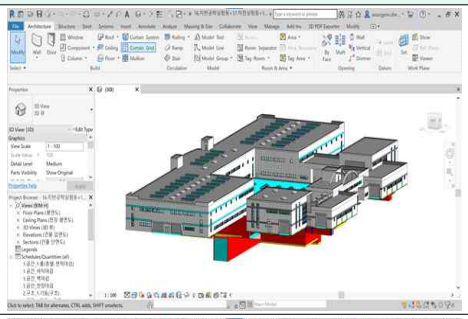
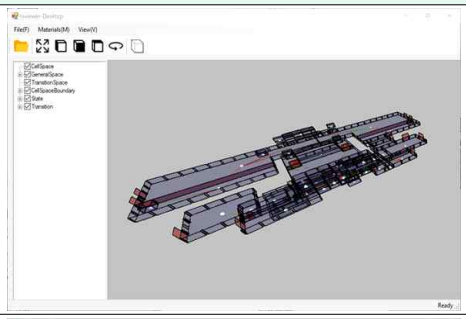
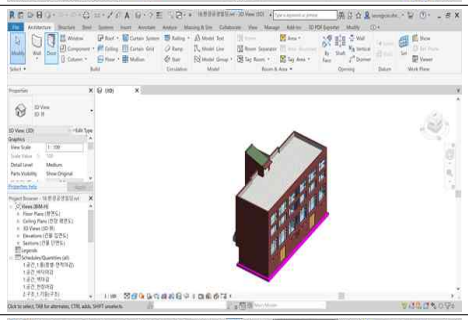
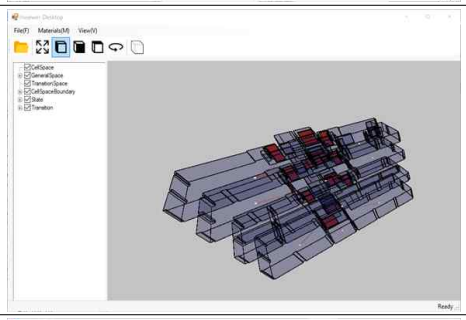
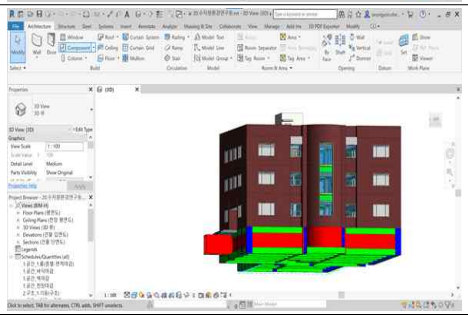
그림 380 IndoorGML Exporter 화면 구성

□ Revit Plug-In을 활용한 실 데이터 변환 검증(KICT 보유 Revit 데이터 활용)

건물명	Revit 데이터	IndoorGML 변환 데이터	검증결과
1. 건축도시 도로실험동			OK
2. 구조실험동			OK
3. 국토환경 실험동 (정보관)			OK
4. IAQ실물 실험동			OK
5. 바닥충격 음시험동			OK
6. 복지관			OK

건물명	Revit 데이터	IndoorGML 변환 데이터	검증결과
7. 환경소재 실험동			OK
8. 윤하중시 험동			OK
9. 방파제실 험동			OK
10. 음향시험 동			OK
11. SOC통합 관리센터 2관			OK
12. 고성능콘 크리트실 험동			OK

건물명	Revit 데이터	IndoorGML 변환 데이터	검증결과
13. PIV수리 실험동			OK
14. 첨단도로 교통실험동			OK
15. 탄소저감형 건설재료 실증하우스			OK
16. 건설재료 실험동			NG
17. SOC통합 관리센터 1관			NG
18. 제로카본 그린홈 실증주택			NG

건물명	Revit 데이터	IndoorGML 변환 데이터	검증결과
19. 지반공학 실험동, 하천실험동, 실내형지반실험동			NG
20. 환경공생빌딩			NG
21. 수자원환경연구동			NG

○ 총 21개의 레빗 데이터 변환 후 Val3dity 검증결과 1 최초 레빗파일의 객체 모델링 문제로 확인됨

☐ **Revit Plug-In 개발성과에 대한 외부 검증기관 시험 방법 설계 및 시험 인증 실시**

1) 공간변화의 정확도 평가 : 연구수행기관에서 기 구축된 Revit파일을 바탕으로 수정, 편집하여 생성한 IndoorGML 파일(국제 표준)5개 100% 변환 성공, 6개 변환 에러 발생

○ 6개의 변환 에러는 개발 소프트웨어의 문제가 아니라이 국제 표준 규격에 부합하는지를 평가

2) SW 기능구현 수준 : 해당 SW를 통해 원본 Revit 파일의 전처리 과정을 수행한 후, IndoorGML Export를 클릭한 이후 IndoorGML이 생성되는데 까지 소요되는 시간을 측정 (1분 이내면 성공, 5층 이하, 연면적 6000m^2 이하 건물)

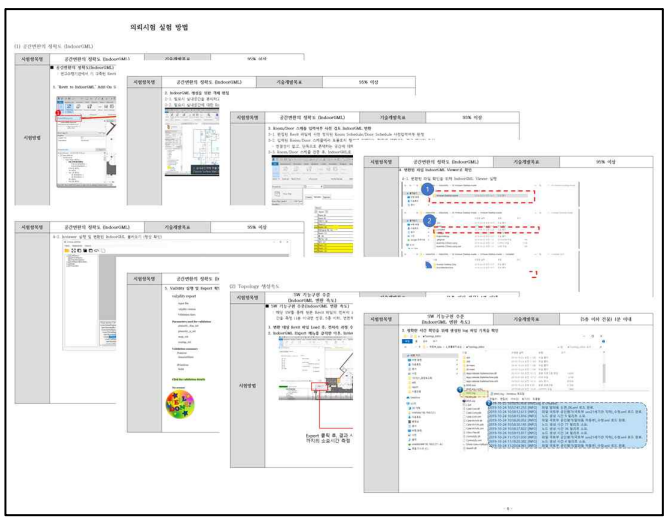
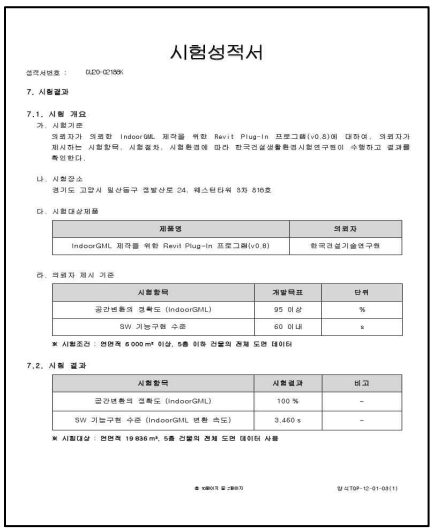


그림 381 Revit Plug-In 시험 방법 수립



시험성적서

7. 시험결과

7.1. 시험 개요

가. 시험기준

나. 시험장소

다. 시험대상제품

제품명	의뢰자
IndoorGML 제작을 위한 Revit Plug-In 프로그램(v0.8)	한국건설기술연구원

라. 의뢰자 제시 기준

시험항목	개발목표	단위
공간변환의 정확도 (IndoorGML)	95 이상	%
SW 기능구현 수준	60 이내	s

※ 시험조건 : 연면적 6000㎡ 이상, 5층 이하 건물의 전체 도면 데이터

7.2. 시험 결과

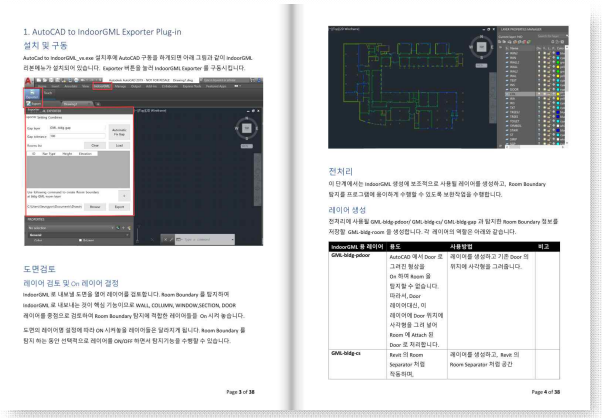
시험항목	시험결과	비고
공간변환의 정확도 (IndoorGML)	100 %	-
SW 기능구현 수준 (IndoorGML 변환 속도)	3,460 s	-

※ 시험대상 : 연면적 19,836㎡, 5층 건물의 전체 도면 데이터 사용

그림 382 Revit Plug-In 시험성적서(KCL)

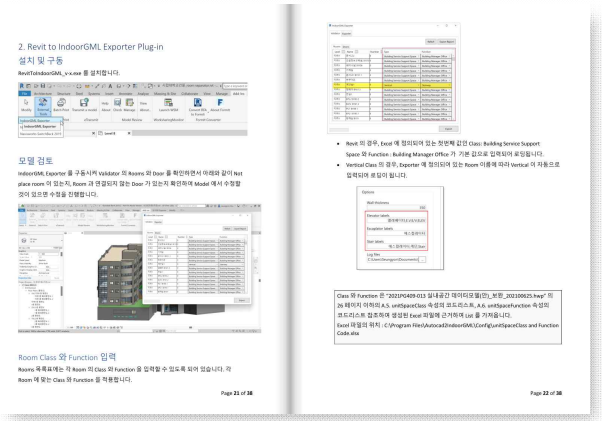
□ 국영문 매뉴얼 개발

한글 매뉴얼 개발


1. AutoCAD to IndoorGML Exporter Plug-in
설치 및 구동
AutoCad to IndoorGML_vx.exe 설치후에 AutoCAD 구동을 하게되면 아래 그림과 같이 IndoorGML 리본메뉴가 설치되어 있습니다. Exporter 버튼을 눌러 IndoorGML Exporter 를 구동시킵니다.
도면검토
레이어 검토 및 on 레이어 결정
IndoorGML 로 내보낼 도면을 열어 레이어를 검토합니다. Room Boundary 를 찾지하여 IndoorGML 로 내보내는 것이 핵심 기능이므로 WALL, COLUMN, WINDOW,SECTION, DOOR 레이어를 중점으로 검토하여 Room Boundary 찾지에 적합한 레이어들을 On 시켜 놓습니다.
도면의 레이어를 설정해 놓라 on 시켜놓을 레이어들은 얼마지게 됩니다. Room Boundary 를 찾지 하는 동안 선택적으로 레이어를 ON/OFF 하면서 찾지가능성을 수행할 수 있습니다.
Page 3 of 38

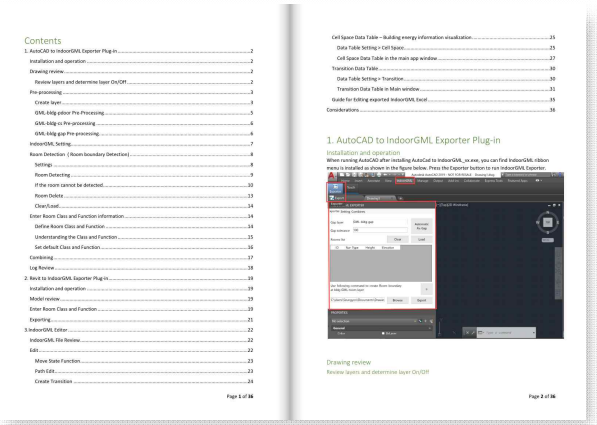
전처리
이 단계에서는 IndoorGML 생성에 보조적으로 사용될 레이어를 생성하고, Room Boundary 탐지를 프로그램에 용이하게 수행할 수 있도록 보완작업을 수행합니다.
레이어 생성
전처리에 사용될 GML-bldg-pdoor/ GML-bldg-cs/ GML-bldg-gap 과 탐지한 Room Boundary 정보를 저장할 GML-bldg-room 을 생성합니다. 각 레이어의 역할은 아래와 같습니다.

IndoorGML 용 레이어	용도	사용방법	비고
GML-bldg-pdoor	AutoCAD 에서 Door 로 그려진 항상을 On 하여 Room 을 탐지할 수 없습니다. 따라서, Door 레이어대신, 이 레이어에 Door 위치에 사각형을 그려 넣어 Room 에 Attach 된 Door 로 지각합니다.	레이어를 생성하고, Revit 의 Room Separator 처럼 공간	
GML-bldg-cs	Revit 의 Room Separator 처럼 작동하며,	레이어를 생성하고, Revit 의 Room Separator 처럼 공간	
Page 4 of 38

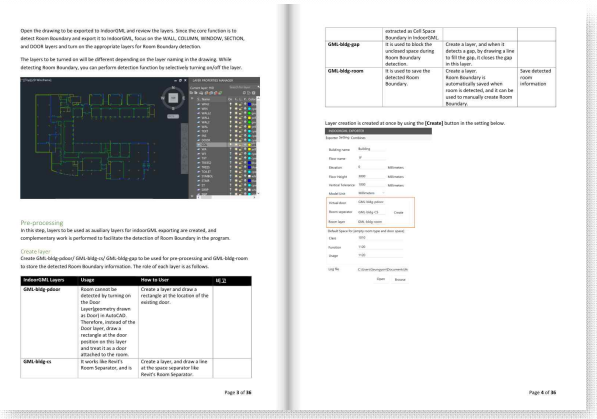

2. Revit to IndoorGML Exporter Plug-in
설치 및 구동
RevitToIndoorGML_vx.exe 를 설치합니다.
모델 검토
IndoorGML Exporter 를 구동시켜 Validator 의 Rooms 와 Door 를 확인하면서 아래와 같이 Not place room 이 있는지, Room 과 연결되지 않는 Door 가 있는지 확인하여 Model 에서 수정할 것이 있으면 수정을 진행합니다.
Room Class 와 Function 입력
Rooms 목록표에는 각 Room 의 Class 와 Function 을 입력할 수 있도록 되어 있습니다. 각 Room 에 맞는 Class 와 Function 을 적용합니다.
Page 21 of 38

- Revit 의 공유, Excel 에 정의되어 있는 첫번째 값인 Class: Building Service Support
Space 와 Function : Building Manager Office 가 기본 값으로 입력되어 로딩됩니다.
- Vertical Class 와 공유, Exporter 에 정의되어 있는 Room 이름에 따라 Vertical 이 자동으로 입력되어 로딩 됩니다.
Class 와 Function 은 "2021P0409-013 실내공간 데이터모델(안)_보완_20210625.hwp" 의 3.6 페이지 이하의 A.5. unitSpaceClass 속성의 코드리스트, A.6. unitSpaceFunction 속성의 코드리스트 참조하여 생성된 Excel 파일에 근거하여 List 를 가져옵니다.
Excel 파일의 위치 : C:\Program Files\Autocad3\IndoorGML\Config\unitSpaceClass and Function Code.xlsx
Page 22 of 38

영문 매뉴얼 개발

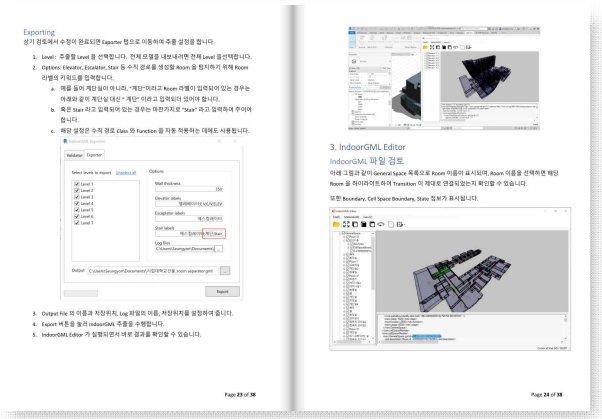

Contents
1. AutoCAD to IndoorGML Exporter Plug-in 2
Installation and operation 2
Drawing review 2
Review layers and determine layer On/Off 2
Pre-processing 3
Create layer 3
GML-bldg-pdoor Pre-Processing 5
GML-bldg-cs Pre-processing 6
GML-bldg-gap Pre-processing 6
IndoorGML Setting 7
Room Detection (Room boundary Detection) 8
Settings 8
Room Detecting 9
If the room cannot be detected. 10
Room Delete 13
Clear/Load 14
Enter Room Class and Function information 14
Define Room Class and Function 14
Understanding the Class and Function 15
Set default Class and Function 16
Combining 17
Log Review 18
2. Revit to IndoorGML Exporter Plug-in 19
Installation and operation 19
Model review 19
Enter Room Class and Function 19
Exporting 21
3. IndoorGML Editor 22
IndoorGML File Review 22
Edit 22
Move State Function 23
Path Edit 23
Create Transition 24
Page 1 of 36

Cell Space Data Table – Building energy information visualization 25
Data Table Setting > Cell Space: 25
Cell Space Data Table in the main app window 27
Transition Data Table 30
Data Table Setting > Transition 30
Transition Data Table in Main window 31
Guide for Editing exported IndoorGML Excel 35
Considerations 36
1. AutoCAD to IndoorGML Exporter Plug-in
Installation and operation
When running AutoCAD after installing AutoCad to IndoorGML_vx.exe, you can find IndoorGML ribbon menu is installed as shown in the figure below. Press the Exporter button to run IndoorGML Exporter.
Drawing review
Review layers and determine layer On/Off
Page 2 of 36

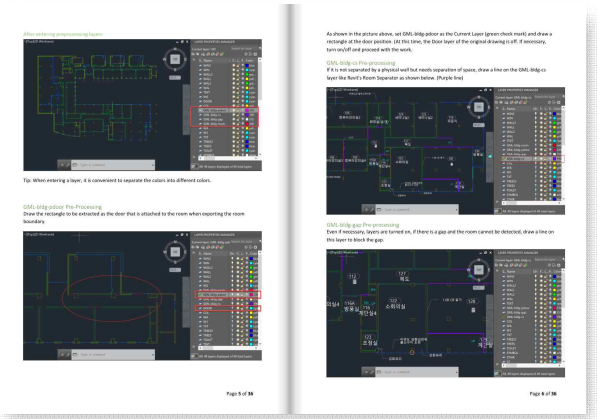

Open the drawing to be exported to IndoorGML and review the layers. Since the core function is to detect Room Boundary and export it to IndoorGML, focus on the WALL, COLUMN, WINDOW, SECTION, and DOOR layers and turn on the appropriate layers for Room Boundary detection.
The layers to be turned on will be different depending on the layer naming in the drawing. While detecting Room Boundary, you can perform detection function by selectively turning on/off the layer.
Pre-processing
In this step, layers to be used as auxiliary layers for indoorGML exporting are created, and complementary work is performed to facilitate the detection of Room Boundary in the program.
Create layer
Create GML-bldg-pdoor/ GML-bldg-cs/ GML-bldg-gap to be used for pre-processing and GML-bldg-room to store the detected Room Boundary information. The role of each layer is as follows.

IndoorGML Layers	Usage	How to User	비고
GML-bldg-pdoor	Room cannot be detected by turning on the Door Layer(geometry drawn as Door) in AutoCAD. Therefore, instead of the Door layer, draw a rectangle at the door position on this layer and treat it as a door attached to the room.	Create a layer and draw a rectangle at the location of the existing door.	
GML-bldg-cs	It works like Revit's Room Separator, and is	Create a layer, and draw a line at the space separator like Revit's Room Separator.	
Page 3 of 36

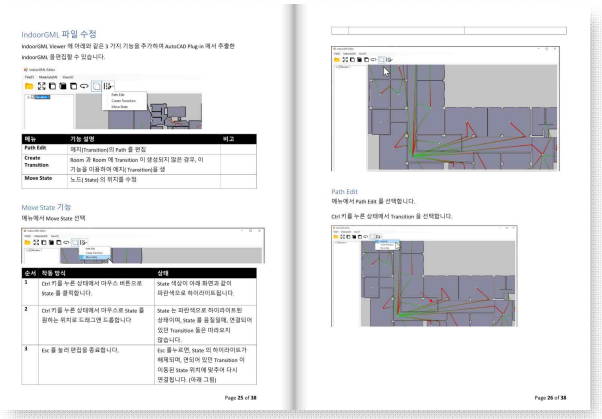
	extracted as Cell Space Boundary in IndoorGML		
GML-bldg-gap	It is used to block the unclosed space during Room Boundary detection.	Create a layer, and when it detects a gap, by drawing a line to fill the gap, it closes the gap in this layer.	
GML-bldg-room	It is used to save the detected Room Boundary.	Create a layer. Room Boundary is automatically saved when room is detected, and it can be used to manually create Room Boundary.	Save detected room information
Layer creation is created at once by using the [Create] button in the setting below.
Page 4 of 36


Exporting
상기 검토에서 수정이 완료되면 Exporter 탭으로 이동하여 추출 설정을 합니다.
1. Level: 추출할 Level 을 선택합니다. 전체 모델을 내보내려면 전체 Level 을선택합니다.
2. Options: Elevator, Escalator, Stair 등 수직 경로를 생성할 Room 을 탐지하기 위해 Room 라벨의 키워드를 입력합니다.
a. 예를 들어 계단실이 여 러개, "계단-1"라고 Room 라벨이 입력되어 있는 경우는 각각을 같이 계단실 대신 "계단-"이라고 입력되야 합니다.
b. 혹은 Stair 라고 입력되어 있는 경우는 대안가지로 "Stair" 라고 입력하여 주어야 합니다.
c. 해당 설정은 수직 경로 Class 와 Function 을 자동 적용하는 데에도 사용됩니다.
3. Output File 의 이름과 저장위치, Log 파일의 이름, 저장위치를 설정하여 줍니다.
4. Export 버튼을 눌러 IndoorGML 추출을 수행합니다.
5. IndoorGML Editor 가 실행되면서 바로 결과를 확인할 수 있습니다.
Page 23 of 38

3. IndoorGML Editor
IndoorGML 파일 검토
아래 그림과 같이 General Space 폭록으로 Room 이름이 표시되며, Room 이름을 선택한 해당 Room 을 하이라이트하며 Transition 이 제대로 연결되었는지 확인할 수 있습니다.
또한 Boundary, Cell Space Boundary, State 정보가 표시됩니다.
Page 24 of 38


After entering preprocessing layer,
Tip: When entering a layer, it is convenient to separate the colors into different colors.
GML-bldg-pdoor Pre-Processing
Draw the rectangle to be extracted as the door that is attached to the room when exporting the room boundary.
Page 5 of 36

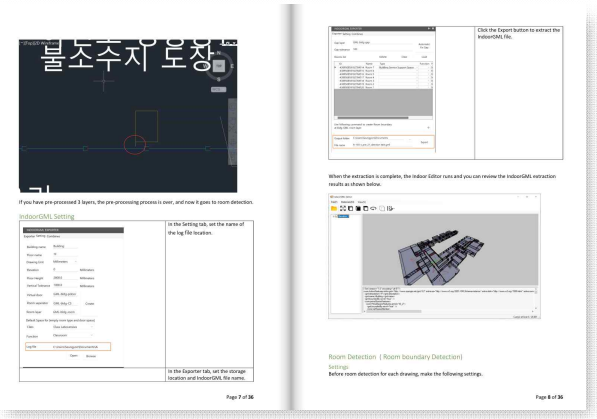
As shown in the picture above, set GML-bldg-pdoor as the Current Layer (green check mark) and draw a rectangle at the door position. (At this time, the Door layer of the original drawing is off. If necessary, turn on/off and proceed with the work.
GML-bldg-cs Pre-processing
If it is not separated by a physical wall but needs separation of space, draw a line on the GML-bldg-cs layer like Revit's Room Separator as shown below. (Purple line)
GML-bldg-gap Pre-processing
Even if necessary, layers are turned on, if there is a gap and the room cannot be detected, draw a line on this layer to block the gap.
Page 6 of 36


IndoorGML 파일 수정
IndoorGML Viewer 에 아래와 같은 3 가지 기능을 추가하여 AutoCAD Plug-in 에서 추출한 IndoorGML 을편집할 수 있습니다.

메뉴	기능 설명	비고
Path Edit	에지(transition)의 Path 를 편집	
Create Transition	Room 과 Room 에 Transition 이 생성되지 않은 경우, 이 기능을 이용하여 에지(transition)을 생	
Move State	노드(state) 의 위치를 수정	
Move State 기능
에뉴에서 Move State 선택

순서	적용 방법	상태
1	Ctrl 키를 누른 상태에서 마우스 버튼으로 State 를 클릭합니다.	State 색상이 아래 화면과 같이 파란색으로 하이라이트됩니다.
2	Ctrl 키를 누른 상태에서 마우스로 State 를 원하는 위치로 드래그앤 드롭합니다	State 는 파란색으로 하이라이트된 상태이며, State 를 움직일때, 연결되어 있던 Transition 들은 따라오지 않습니다.
3	Esc 를 눌러 편집을 종료합니다.	Esc 를 누르면, State 의 하이라이트가 해제되며, 끊김이 있던 Transition 이 이동된 State 위치에 맞추어 다시 연결됩니다. (아래 그림)
Page 25 of 38

Path Edit
메뉴에서 Path Edit 를 선택합니다.
Ctrl 키를 누른 상태에서 Transition 을 선택합니다.
Page 26 of 38


불소수지 도장
If you have pre-processed 3 layers, the pre-processing process is over, and now it goes to room detection.
IndoorGML Setting
In the Setting tab, set the name of the log file location.
In the Exporter tab, set the storage location and IndoorGML file name.
Page 7 of 36

Click the Export button to extract the IndoorGML file.
When the extraction is complete, the Indoor Editor runs and you can review the IndoorGML extraction results as shown below.
Room Detection (Room boundary Detection)
Settings
Before room detection for each drawing, make the following settings.
Page 8 of 36

[2-1-1 위탁 : 대구대학교 산학협력단]

연구범위	연구 수행 방법 (이론적·실험적 접근방법)	정성적 연구개발성과
시각장애인 실내지도 서비스 요구사항 정의	실제 시각장애인 욕구조사 모집단 구성 및 실내길안내 서비스 요구사항 도출을 위한 설문조사 실시	• 조사 참여 인원 297명(18세 이상, 시각장애 1급~4급) • 유효답변 수 : 252명(2020.06 ~ 07) • 설문 구성 및 보행 환경 등 주관적 인식 수준 조사 실시
InvoiceMap 기능 및 사용자대화 설계 검토 **(3세부 InVoiceMap 연구진에 결과 제공)**	시각장애인 대상 보행교육전문가 및 유관 전문가 대상 실내 보행안내용 길안내 우선순위 조사 및 FGI(Focus Group Interview) 실시	• 실내길안내 중요도 우선순위 도출 (1)목적지 위치 (2)안내소 유무 (3)크기, 층수 등이 순으로 나타남 • 기능 요구사항 (1)거리 및 방향 (2)현재 위치 (3)자동 알림기능 등의 순으로 조사됨
서비스 검증 항목 및 방법(1)	향후 개발될 시각장애인용 길안내 App 요구사항 대비 서비스 완성도 검증 방법 설계	• 음성메시지 명확성 및 내용의 충실성 • 음성, 음향, 진동 등 신호 전달의 다양성 • 목적지 인근 도달시 신호전달 명확성 등
시각장애인을 위한 실내지도서비스 요구사항 분석 및 검증(2)	연구단 테스트베드에 대해 시각장애인 대상 테스트 참가자 모집 및 3세부 InVoiceMap 사용성 평가 실시	• 4차년도 조사결과 도출된 수요자 요구사항의 Invoice Map 개발 기능 반영사항 검토 • 실 수요자 모집단 구성 및 테스트베드를 대상으로 한 서비스 실증 테스트 • 시각장애인을 대상으로 한 서비스 개선사항 도출 및 피드백

[2-1-1위탁] 시각장애인을 위한 실내지도서비스 요구사항 분석 및 검증

(1) 시각장애인 실내지도 서비스 요구사항 정의

□ 시각장애인 실내지도 서비스 요구사항 파악을 위한 문헌조사

○ 문헌조사를 위한 연구방법 개발

- 시각장애인의 보행특성에 대한 문헌연구를 기반으로 보행 지원용 어플리케이션 개발을 위한 욕구조사를 실시함

○ 조사시행을 위한 문헌검토

- 시각장애인은 실명으로 인한 보행특성을 가지는데, 보행을 위한 조요개념으로 랜드마크(landmark), 단서(clue), 정보점(information points), 기준위치(frames of reference), 공간 갱신(spatial updating), 인지지도(cognitive map)가 있음.
- 공간 지각을 통한 시각장애인의 정보 활용은 청각, 촉각, 잔존시각을 이용함
- 시각장애인 보행은 안내법, 흰 지팡이 보행, 안내견 보행, 전자보행기구를 포함한 4가지 유형으로 구분됨.
- 시각장애인 보행을 지원하는 보조기기는 흰지팡이, 초음파, 적외선, RDIF기반 ETA, GPS 기반 ETA, 카메라 활용, RFID와 GPS의 활용한 ETA, RF기타 다양한 센서를 활용한 ETA, 로봇 형태의 RTA, 의복형 형태의 ETA, 사물인터넷 활용한 ETA, 스마트폰을 활용한 ETA로 구분됨

□ 조사를 통한 시각장애인이 실내공간 이용시 느끼는 주관적 난이도와 중요도 분석

○ 설문조사 시행을 위한 조사지 개발 및 설문실시

- 설문은 일반적 사항, 보행관련 사항, 실내 공간 이용시 느끼는 주관적 난이도와 중요도 여부, 실내보행용 스마트폰 어플리케이션 핵심기능 및 내용으로 구성됨
- 설문참여 대상은 만 19세 이상 성인이며, 2020년 6월 20일~7월 30일까지 온라인으로 시행되었음

○ 설문결과는 다음과 같음

- 설문을 완료한 인원은 252명으로, 남성이 많았, 41-50세가 높았으며, 전맹이 주로 참여하였으며, 장애발생시기는 출생 전/후가 높게 나타남
- 설문참여자들은 거의 매일 외출하며, 아이폰을 사용하며, 보조공학기기에 어느정도 능숙한 것으로 나타남
- 보행과 관련하여 일정 시간에 걸쳐 체계적인 보행교육을 받았으며, 흰 지팡이를 이용하여 독립보행하며, 독립보행에 어느정도 자신이 있으며, 보행을 위해 직접가서 시행착오를 통해 경로를 파악하며, GPS나 스마트폰 app을 사용한 적이 없는 것으로 나타남
- 보행을 위해 사용한 GPS기반 도구나 스마트폰 app은 '블라인드 스퀘어'가 가장 높게 나타남
- 실내 공간 이용시 느끼는 주관적 중요도와 어려움 정도를 보면 공항(M=2.98, SD=0.96)이 가장 어려운 것으로 나타났으며, 그 다음으로 지하철역(M=2.66, SD=1.42), 대형마트(M=2.52, SD=1.12) 순으로 나타나 공항, 지하철역, 대형마트와 같이 많은 불특정 사람들이 혼잡하게 있는 장소에서 독립적인 보행을 하기 위한 지원이 필요한 것을 의미함
- 지하철역, 고층의 다중 이용 시설, 버스 터미널, 공항 등과 같은 실내 공간에서 독립보행을 하는 것에 대한 주관적 어려움에 대한 응답으로 백화점이나 쇼핑몰(M=3.53, SD=0.75)과 공항(M=3.53, SD=0.70)이 가장 높게 나타나 독립보행을 하는데 있어서 많은 사람들이 혼잡하게 있는 장소에서 독립적인 보행을 하기가 매우 어려운 것을 의미함

(2) InvoiceMap 기능 및 사용자대화 설계 검토

□ 시각장애인이 실내 공간을 단독으로 보행할 경우 중요한 정보유형 분석

○ 시각장애인에게 있어서 실내에서 독립보행을 할 때 가장 필요하다고 생각되는 정보 유형으로 어디에 무엇이 있는지(목적지의 위치)와 내가 어디에 있는지 등을 포함하는 목적지와 안내데스크의 위치로 나타남

- 목적지로 갈 때 단순하게 앞이나 옆으로 가라는 지시 이외에 내가 현재 어디에 있으며 목적지로 가는 중에 어떠한 장애물이 있는지와 같이 실제로 보는 것과 같은 정보제공이 필요한 것을 알 수 있음

□ 시각장애인 실내보행용 스마트폰 어플 개발시 필요한 핵심기능 분석

○ 시각장애인을 위한 실내보행용 스마트폰 app 개발시 반드시 포함되어야 하는 내용으로 현재 나의 위치, 목적지까지 거리와 방향, 목적지에 도착할 경우 알림기능으로 나타남

- 비록 현재 다양한 위치기반 app 등이 위에 언급한 나의 위치와 목적지까지 거리와 방향, 도착알림 기능을 제공하지만, 오차가 100m이상(대도시의 경우 30m) 나기 때문에 시각장애인용 보행용 app 개발시 보다 정밀한 현재 위치제공과 목적지에 대한 정보제공이 반드시 이루어져야 함

○ 시각장애인을 위한 실내보행용 스마트폰 app은 찾아가고자 하는 목적지에 대한 음성메시지를 주로 제공하되 개인의 편의에 따라 진동음과 음향신호를 추가해야 함

○ 시각장애인용 실내보행용 스마트폰 app에는 시각장애인이 현재 어디에 있는지, 이동시 위험상황(경사, 계단, 기둥)에 대한 경고 및 랜드마크나 안내데스크에 대한 위치알림이 반드시 포함되어야 함

- 위급상황시 앱 내에서 영상통화를 하거나 고객센터로 연결되어 즉시 도움을 받을 수 있는 장치가 고려되어야 함

(3) 서비스 검증 항목 및 방법(1)

표 138 주요 서비스 기능에 대한 검증 항목 및 방법(안)

구분	우선순위	서비스 기능	서비스 검증 방안
핵심 서비스	1	• 현재 위치에서 가고자 하는 목적지까지의 거리와 방향	실제 시각장애인 테스트를 통한 안내기능의 만족도
	2	• 자신의 현재 위치	현재 위치 정보의 음성전달 이해 용이성 및 전달 정확도
	3	• 목적지에 도달하거나 지나칠 경우 자동 도착 알림 기능	목적지 이탈시 알람기능 작동여부 확인
신호 전달 기능	1	• "왼쪽에 엘리베이터가 있습니다"나 "5미터 전방에 매표소가 있습니다" 등과 같은 음성 메시지	음성안내 완성도에 대한 수요자(실제 장애인) 만족도
	2	• 음성 메시지, 음향 신호, 진동음 병용	다종 신호전달 기능의 구현 정도 확인
	3	• 음성 메시지와 진동음 병용	이종 신호전달 기능의 동시 구현 검증
핵심 정보 정확도	1	• 보행시 바닥 및 경사, 계단, 기둥 등을 알려주는 위험감지 및 경고 서비스	주요 장애물 안내에 대한 정성적 정확도(위치정확도 제외)
	2	• 네비게이션 오차의 최소화(1m이내)	실내 네비게이션 위치정확도 검증
	3	• 음성안내시 시계방형과 같이 세세한 방향 전환에 대한 음성기능	음성 안내를 통한 정보 전달 수준에 대한 수요자 만족도 평가

(4) 시각장애인을 위한 실내지도서비스 요구사항 분석 및 검증

□ 실증테스트 참가 참여자 인터뷰 및 선정

○ 연구단 실증지역으로 선택된 곳이 동대구역사임을 감안하여, 대구 지역에 거주하며 직업, 사회활동, 여가 등의 목적으로 외출 빈도가 잦고, 음성(talkback or voice over)을 통한 스마트폰 활용 능력을 갖춘 전맹(좋은 눈의 시력을 기준으로 0.02 이하인 사람) 시각장애인 16명 가운데 장애 발생 시기(선천적, 후천적), 공식적 보행 교육 수령 여부, 성별, 연령 등을 고려하여 최종 4명의 시각장애인을 금번 연구의 참여자로 선정

표 139 실증테스트 참여 시각장애인의 일반적 특정

연번	성별	장애 발생 시기	보행 능력	보행 교육 이수 경험
1	여	20대 초반	흰지팡이를 사용한 독립 보행 능력이 평균 이하	공식적 보행 교육 이수 경험 없음
2	남	5세	흰지팡이를 이용한 독립 보행 능력 매우 우수	공식적 보행 교육 경험 있음
3	여	7세 무렵	흰지팡이를 이용한 독립 보행 능력 양호	공식적 보행 교육 경험 있음
4	남	20대 초반	흰지팡이를 이용한 독립 보행 능력은 평균 정도	공식적 보행 교육 경험 있음

□ 실증테스트 참가 이후 InVoiceMap 어플리케이션의 보행보조 역할에 대한 정성적 인터뷰 결과

○ 스마트폰 기반 시각장애인 실내보행용 어플리케이션의 사용성 평가라는 본 연구의 목적을 달성하기 위해, 연구자는 4명의 시각장애인을 대상으로 어플리케이션을 활용하여 실제 보행을 하며 사전에 설정된 장소로 이동해 보게 한 직후, 현장에서 개별 심층 면접을 진행

- 연구자는 면접 내용을 녹취하여 전사록을 작성한 후, 전사본 데이터를 내용 분석 기법을 활용하여

주제(theme)와 하위주제를 추출하고, 각각의 주제를 뒷받침하는 연구 참여자들의 진술 인용함

○ 익숙하지 않은 실내 공간에서의 이동시 어플리케이션 활용이 주는 잠재적 도움

주 제	테스트 참가자 응답 내용
독립적 이동 능력 제고 타인에 대한 의존 감소	"스스로의 힘으로 매표소도 찾아가고, 편이점 가서 물건도 살 수 있고 하면 좋쟎아요. 이런 앱이 잘 되어 있으면 활동지원인의 도움을 받는 빈도를 줄일 수도 있을 것 같구요."
자신감과 자존감 향상	"'내 힘으로 해냈다'는 성취감도 느낄 수 있을 것이고... 보이는 사람들한테는 별 것 아닐지 몰라도 저 혼자 남한테 아쉬운 소리 하지 않고 원하는 장소에 가서 볼 일을 보고 온다는 것 나름 뿌듯한 일이거든요."

○ 보행 시작 전 필요한 사전 정보 유형/내용

주 제	테스트 참가자 응답 내용
목적지까지의 소요 시간	"목적지까지 걸리는 시간을 알려주면 도움이 되겠지요."
개략적 경로 정보	"전체적인 경로 정보를 구체적으로 알려주면 좋을 것 같아요."
경로상에 위치하는 장해물 존재 여부	"경로상에 위치한 장해물 같은 것들"

○ 정보 전달 방식

주 제	테스트 참가자 응답 내용
상황에 따른 신호음이나 진동 패턴 다양화	"신호음과 진동을 상황에 따라 조금 더 세분화 해 줄 수 있으면 훨씬 더 좋을 것 같네요."
신호음 교체	"신호음을, 귀에는 쏙 들어오되 지금처럼 고음의 귀에 거슬리는 소리가 아니면 좋겠어요."

○ 경로 이탈 고지 방식

주 제	테스트 참가자 응답 내용
경로 이탈 사실 고지 메시지 제공	"어떤 방식으로든 잘못 왔다는 걸 알려주는 멘트가 나오면 좋을 것 같아요."
유도 블록까지의 거리 및 위치	"유도 블록까지의 거리와 방향을 알려주면 좋겠어요."

○ 어플리케이션에 대한 만족도

주 제	테스트 참가자 응답 내용
전반적 만족도(매우 높음)	"전반적으로 좋았어요. 되게 신기했고, 제가 한 번에 찾아갔거든요. 맵핑이 잘 되어 있고 위치만 정확히 측정해 주면 저는 이 앱으로 웬만한 데는 쉽게 찾아다닐 것 같은데요."
어플리케이션에 대한 신뢰도(매우 높음)	"90% 정도요."
다른 시각장애인에게 추천 의사	"내가 점자블럭을, 유도블럭 자체에서 이탈하지 않는 이상, 목적지 안내는 확실하다. 그래서 추천할 겁니다."

○ 어플리케이션의 개선 요망 사항

주 제	테스트 참가자 응답 내용
경로 이탈 여부 공지	"경로 이탈시 이를 알려주는 메시지 정도?"
다양한 상황에 상응하는 정보 전달 방식 채택	"장해물이 있을 때, 우회전이나 좌회전을 해야 할 때, 경로를 벗어났을 때 등 서로 다른 상황을 좀 더 쉽게 식별할 수 있도록 신호음의 횟수나 길이, 아니면 진동음의 길이나 고저 등을 달리하는 방법을 생각하면 어떨까요."
이동 중 최종 목적지까지의 거리/시간 업데이트	"중간쯤 해서 목적지까지 거리가 얼마나 남았는지를 알면 '내가 맞게 가고 있구나' 하는 안도감이 들지 않을까 생각되는데요. 심리적인 안정감을 줄 수도 있겠구요."

(사) 2-2 공동 (서울시립대학교)

연구범위	연구 수행 방법 (이론적·실험적 접근방법)	정성적 연구개발성과
(B) 실내공간정보 표준화	(2-1) IndoorGML 기반 실내공간데이터모델 개발 (TTA 표준안/ OGC 표준안)	다음의 성과로 계획한 질적/양적 성과를 충실히 달성하였음 • OGC 국제 표준화 - (OGC 19-004) Anchor Node Extension in IndoorGML - Seamless Navigation between Indoor and Outdoor Space 채택 - (OGC 20-054) An Extension Model to attach Points of Interest into IndoorGML 채택 - Indoor Feature 모델을 국제 표준화하기 위해 IndoorGML의 확장모델(Extension model)로 개발하여 OGC IndoorGML SWG에 발표(2020.12) 및 Discussion paper 제출(2020.11) 후 지속적인 OGC IndoorGML SWG 활동을 수행하며 채택을 위한 노력을 기울임 • 실내 공간 데이터 모델 TTA 표준화 - IndoorGML 기반의 실내 공간 데이터 모델 개발 및 TTA 표준 제안하여 표준화로 성과물 검증함 - TTA 표준안 제출(2020.12) / TTA 표준 채택(2021.03.31.) / TTA 표준 제정 예정(2021.12.08.)
	(2-2) Indoor POI 데이터모델 개발	• IndoorGML 기반 Indoor POI 데이터모델 개발 - 실내 POI의 분류체계, 계층적 구조, 공간적 depth, POI의 시공간정보를 표현하고 관리를 위한 데이터모델 개발 - Indoor POI 데이터모델을 적용한 공간분석 테스트를 수행하여 실용화 가능성을 검증함
	(2-3) IndoorGML Validator (3차년도 종료)	• IndoorGML Validator를 설계 및 Parser 개발
(C) 실내외 공간정보 연계 기술 개발	(3-1) 실내외 공간 연계활용을 위한 기술 개발 및 IndoorGML 확장모듈 개발	• 실내외 연계 활용 기술 개발 및 고도화 - 실내외 공간의 연계를 위한 AnchorNode extension을 도입하고, 영상 데이터와 위상 데이터의 통합방안을 제시하고 실험을 통해 실용화 가능성을 검증함 - Anchor link를 Transition network로 개선하고 실험을 통해 실용화 가능성을 검증하고 SCIE 논문화로 성과물 검증함 • 이종의 포맷을 갖는 공간데이터의 융복합 연계기술 알고리즘 개발 - 전방위영상과 IndoorGML 데이터를 연계기술을 개발하고 실험을 통해 검증하여 SCIE 논문화 함으로써 서로 다른 포맷의 공간정보 연계기술의 실용화 가능성을 검증함
	(3-2) 공간데이터 연계 활용 기술 개발	• IndoorGML 및 IndoorPOI 데이터 연계 기반 공간분석 기술개발 - Searching Spatial Neighborhoods 및 Identifying Isolated zone 기술을 개발하여 기술이전을 실시 • IndoorGML 생성을 위한 공간분할(Subspacing) 기술 개발
	(3-3) 실내공간정보 활용 OpenAPI 개발	• OpenAPI 개선안 설계 - 실내공간정보 LOD 자동변환 모듈을 REST 기반으로 서비스 API를 설계, (2-3 공동)기관에서 개발을 성공적으로 수행

[2-2공동] 실내공간정보 표준화 및 실내외 공간정보 연계 고도화 기술 개발

(1) IndoorGML 기반 실내공간데이터모델 개발 (TTA 표준안/ OGC 표준안)

□ (OGC 19-004) Anchor Node Extension in IndoorGML – Seamless Navigation between Indoor and Outdoor Space

- IndoorGML에서는 있는 출입구와 같은 실내와 실외를 연결하는 Node를 anchor node로 정의 anchor node와 실외 객체 사이의 관계를 표현하는 Edge를 anchor edge로 표현하는 개념을 적용하고 있음
- IndoorGML 데이터와 실외 공간 Network의 연결방법과 실내외 연계에 필요한 객체에 대한 정의 필요
- 본 확장모델에서 IndoorGML을 활용한 실내외 공간의 연계시 좌표계 변환을 위한 파라미터를 정의
- IndoorGML과 외부 네트워크 연결을 위해 필요한 객체를 정의: 출입구 등을 표현하는 AnchorState, 외부 네트워크를 대표하는 ExternalAnchorState, AnchorState와 ExternalAnchorState의 연결하는 AnchorLink

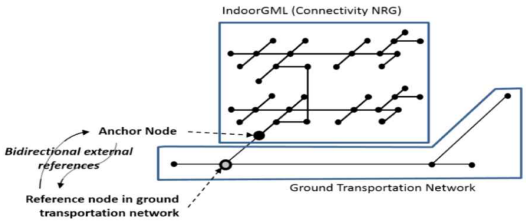


그림 383 IndoorGML의 Anchor Node 개념

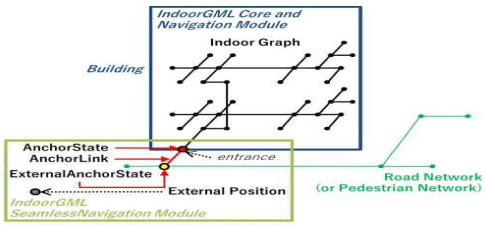


그림 384 SeamlessNavigation 모듈의 개념

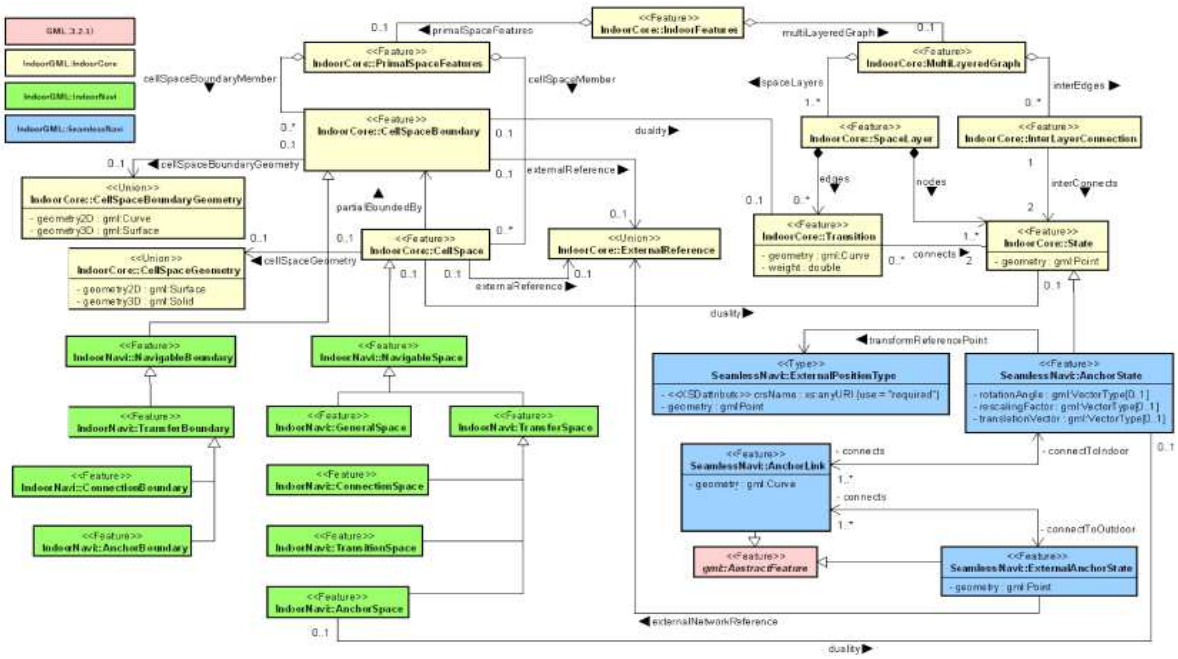


그림 385 Sealmess Navigation 모듈의 UML 다이어그램

- OGC IndoorGML SWG에 Discussion Paper 제출(2019.02.05) 및 채택됨 (2019.02.28.)



Open Geospatial Consortium

Submission Date: 2019-02-05

Approval Date: 2019-02-28

Publication Date: 2019-12-11

External identifier of this OGC® document: http://www.opengis.net/doc/dp/indoorgml-anchornode

Internal reference number of this OGC® document: 19-004

Category: OGC® Discussion Paper

Editor: Kyoung-Sook Kim, Jiyeong Lee

Anchor Node Extension in IndoorGML - Seamless Navigation between Indoor and Outdoor Space

Copyright notice

Copyright © 2019 Open Geospatial Consortium

To obtain additional rights of use, visit http://www.opengeospatial.org/legal/

Warning

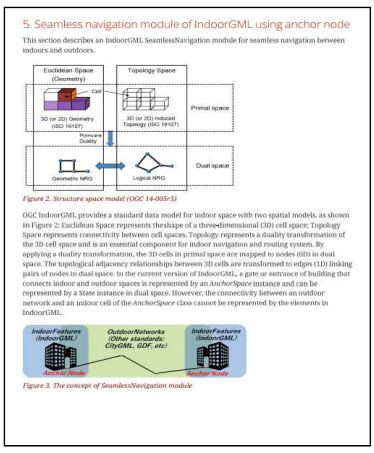
This document is not an OGC Standard. This document is an OGC Discussion Paper and is therefore not an official position of the OGC membership. It is distributed for review and comment. It is subject to change without notice and may not be referred to as an OGC Standard. Further, an OGC Discussion Paper should not be referenced as required or mandatory technology in procurements.

Document type: OGC® Discussion Paper

Document subtype:

Document stage: Approved

Document language: English



5. Seamless navigation module of IndoorGML using anchor node

This section describes an IndoorGML SeamlessNavigation module for seamless navigation between indoors and outdoors.

Euclidean Space (Geometry)

Topology Space

Primal space

Dual space

Figure 2. Structure space model (OGC 14-005r5)

OGC IndoorGML provides a standard data model for indoor space with two spatial models, as shown in Figure 2. Euclidean Space represents the shape of a three-dimensional (3D) cell space; Topology Space represents connectivity between cell spaces. Topology represents a duality transformation of the 3D cell space and is an essential component for indoor navigation and routing system. By applying a duality transformation, the 3D cells in primal space are mapped to nodes (0D) in dual space. The topological adjacency relationships between 3D cells are transformed to edges (1D) linking pairs of nodes in dual space. In the current version of IndoorGML, a gate or entrance of building that connects indoor and outdoor spaces is represented by an *AnchorSpace* instance and can be represented by a State instance in dual space. However, the connectivity between an outdoor network and an indoor cell of the *AnchorSpace* class cannot be represented by the elements in IndoorGML.

IndoorFeatures (IndoorGML)

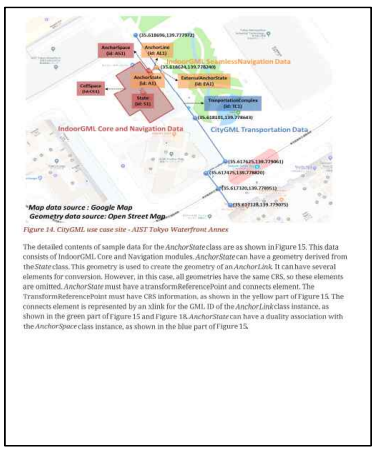
OutdoorNetworks (Other standards: CityGML, GDF, etc)

IndoorFeatures (IndoorGML)

Anchor Node

Anchor Node

Figure 3. The concept of SeamlessNavigation module



IndoorGML Core and Navigation Data

CityGML Transportation Data

*Map data source : Google Map

Geometry data source: Open Street Map

Figure 14. CityGML use case site - AIST Tokyo Waterfront Annex

The detailed contents of sample data for the *AnchorState* class are as shown in Figure 15. This data consists of IndoorGML Core and Navigation modules. *AnchorState* can have a geometry derived from the *State* class. This geometry is used to create the geometry of an *AnchorLink*. It can have several elements for conversion. However, in this case, all geometries have the same CRS, so these elements are omitted. *AnchorState* must have a transformReferencePoint and connects element. The TransformReferencePoint must have CRS information, as shown in the yellow part of Figure 15. The connects element is represented by an xlink for the GML ID of the *AnchorLink* class instance, as shown in the green part of Figure 15 and Figure 18. *AnchorState* can have a duality association with the *AnchorSpace* class instance, as shown in the blue part of Figure 15.

☐ (OGC 20-054) An Extension Model to attach Points of Interest into IndoorGML

- 실내 POI는 실내에서 특정 공간을 점유하지만 IndoorGML 1.0의 CellSpace의 인스턴스(instance)로 직접 정의할 수 없으며, 이는 POI의 CellSpace가 포함된 공간의 CellSpace와 겹치기 때문에 별도의 클래스 정의가 필요

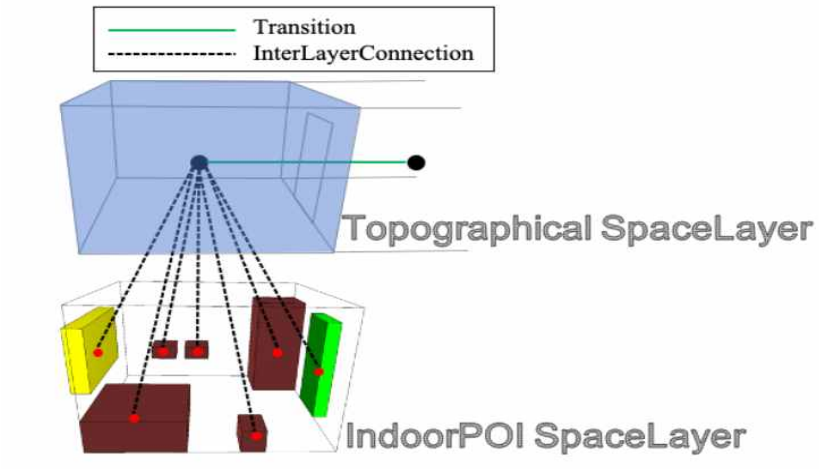


그림 387 IndoorGML 환경에서 실내공간의 Topographical SpaceLayer와 IndoorPOI SpaceLayer의 관계

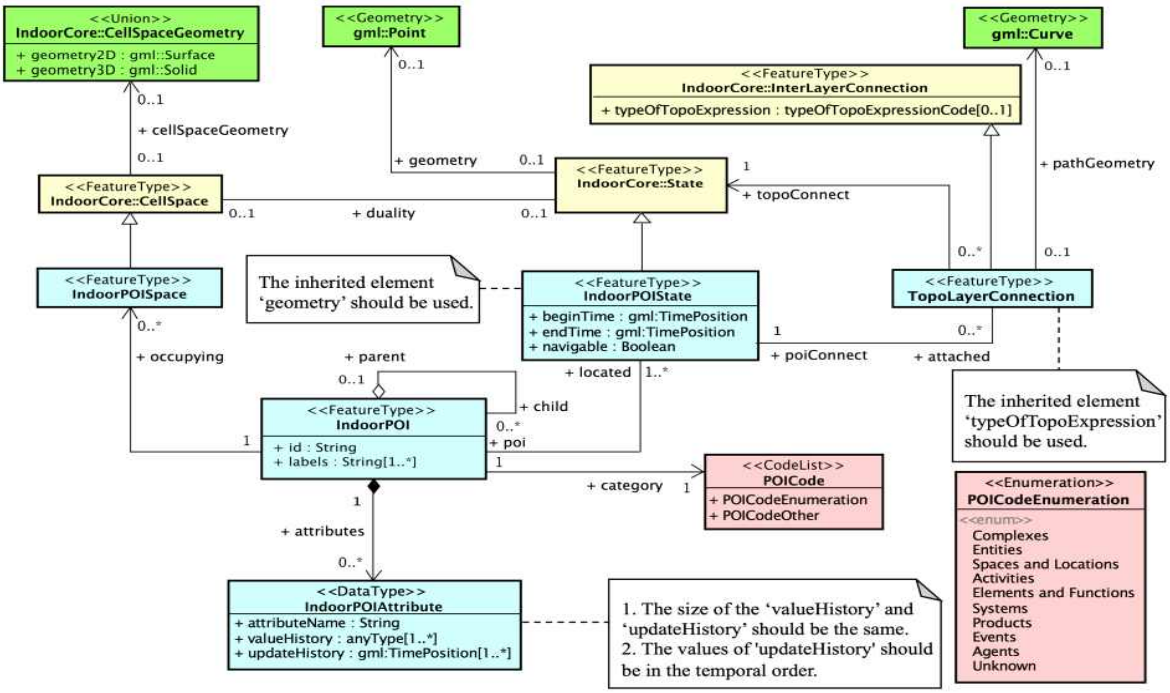
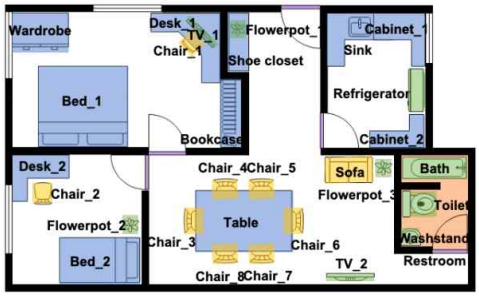
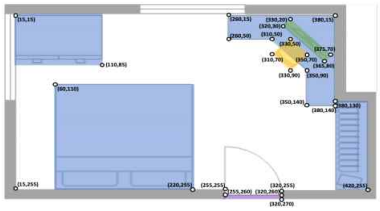
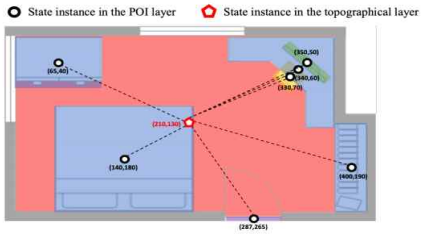
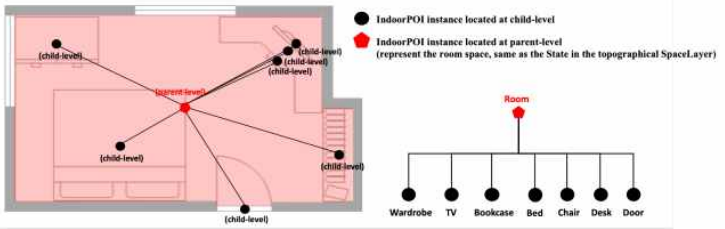
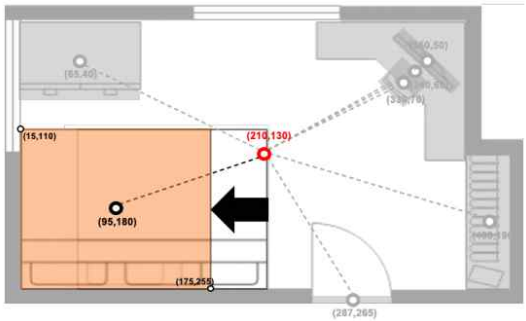


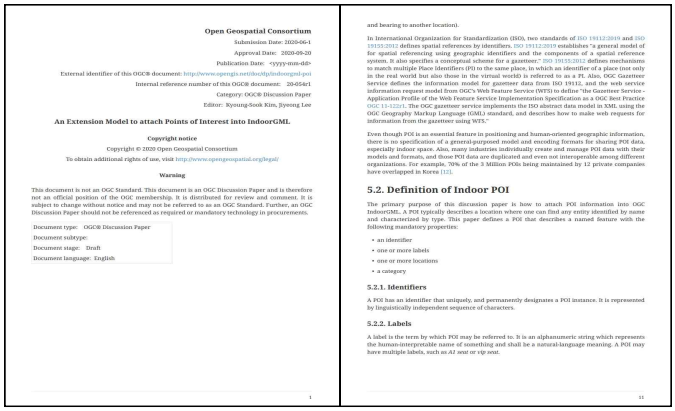
그림 388 Indoor POI 모듈의 UML 다이어그램

- IndoorPOI 클래스는 상위 및 하위 속성을 가진 인스턴스 간의 계층적 관계를 표현
- IndoorPOISpace는 InterLayerConnection과 연결된 별도의 SpaceLayer로 정의되고, POI가 점유하는 공간을 나타내며, CellSpace 클래스에서 지오메트리를 도출
- IndoorPOI는 하나 이상의 POI의 특정 지점 위치와 위치 정보 관리를 위한 IndoorPOIState 클래스 인스턴스를 가질 수 있음
- TopoLayerConnection은 POI 위치, IndoorPOIState, 실내 공간(State) 사이의 위상 관계를 지정함
- 아래 표는 IndoorPOI 데이터모델을 활용한 실내 POI의 표현 및 관리 예시임

표. IndoorPOI 데이터모델의 Use-cases

구분	예시
Sample data	
IndoorGML의 SpaceLayer 사이의 관계성을 활용한 Topography space와 POI space의 관계	 (a) Coordinates of IndoorPOIs and a room  (b) The interlayer connection between the POI layer and topological layer
POI 공간의 계층 구조	
IndoorPOIState를 활용한 이력관리	

- OGC IndoorGML SWG에 Discussion Paper 제출(2020.06.01), 채택됨 (2020.09.20.)



Open Geospatial Consortium

Submission Date: 2020-06-1
Approval Date: 2020-09-20
Publication Date: <yyyy-mm-dd>

External identifier of this OGC® document: http://www.opengis.net/doc/dp/indoorgml-poi
Internal reference number of this OGC® document: 20-054r1

Category: OGC® Discussion Paper
Editor: Kyoung-Sook Kim, Jiyeong Lee

An Extension Model to attach Points of Interest into IndoorGML

Copyright notice

Copyright © 2020 Open Geospatial Consortium
To obtain additional rights of use, visit http://www.opengeospatial.org/legal/

Warning

This document is not an OGC Standard. This document is an OGC Discussion Paper and is therefore not an official position of the OGC membership. It is distributed for review and comment. It is subject to change without notice and may not be referred to as an OGC Standard. Further, an OGC Discussion Paper should not be referenced as required or mandatory technology in procurements.

Document type: OGC® Discussion Paper
Document subtype:
Document stage: Draft
Document language: English

and bearing to another location).

In International Organization for Standardization (ISO), two standards of ISO 19112:2019 and ISO 19155:2012 defines spatial references by identifiers. ISO 19112:2019 establishes "a general model of for spatial referencing using geographic identifiers and the components of a spatial reference system. It also specifies a conceptual scheme for a gazetteer." ISO 19155:2012 defines mechanisms to match multiple Place Identifiers (PI) to the same place, in which an identifier of a place (not only in the real world but also those in the virtual world) is referred to as a PI. Also, OGC Gazetteer Service defines the information model for gazetteer data from ISO 19112, and the web service information request model from OGC's Web Feature Service (WFS) to define "the Gazetteer Service – Application Profile of the Web Feature Service Implementation Specification as a OGC Best Practice OGC 13-132r1. The OGC gazetteer service implements the ISO abstract data model in XML using the OGC Geography Markup Language (GML) standard, and describes how to make web requests for information from the gazetteer using WFS."

Even though POI is an essential feature in positioning and human-oriented geographic information, there is no specification of a general-purposed model and encoding formats for sharing POI data, especially indoor space. Also, many industries individually create and manage POI data with their models and formats, and those POI data are duplicated and even not interoperable among different organizations. For example, 70% of the 3 Million POIs being maintained by 17 private companies have overlapped in Korea [12].

5.2. Definition of Indoor POI

The primary purpose of this discussion paper is how to attach POI information into OGC IndoorGML. A POI typically describes a location where one can find any entity identified by name and characterized by type. This paper defines a POI that describes a named feature with the following mandatory properties:

- an identifier
- one or more labels
- one or more locations
- a category

5.2.1. Identifiers

A POI has an identifier that uniquely, and permanently designates a POI instance. It is represented by linguistically independent sequence of characters.

5.2.2. Labels

A label is the term by which POI may be referred to. It is an alphanumeric string which represents the human-interpretable name of something and shall be a natural-language meaning. A POI may have multiple labels, such as *A1 seat* or *vip seat*.

□ (OGC 제안) Feature-based IndoorGML 1.1 Extension

○ Indoor Feature 모델(OGC IndoorGML 1.1 Extension Model)]

- 3~4차 년도 실내 공간의 물리적 객체를 표현하기 위한 데이터 모델을 개발하였으며 이를 국제 표준화하기 위해 IndoorGML의 확장모델(Extension model)로 개발
- IndoorGML 1.1 Core 모듈 기반 Extension Model 설계

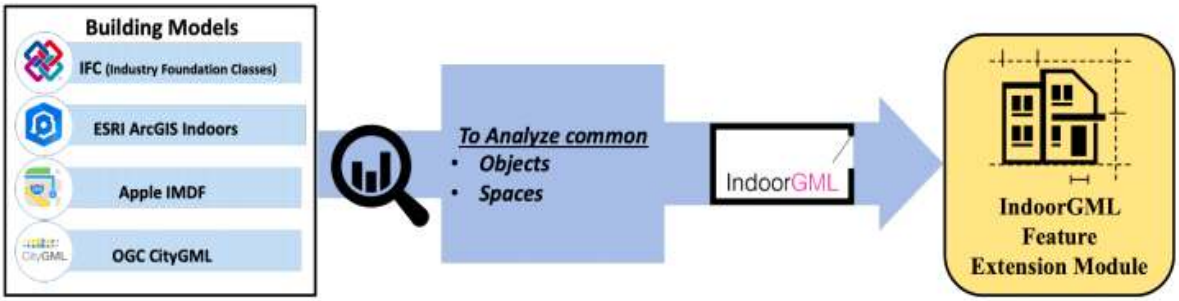


그림 394 Indoor Feature 모델 개발 워크 플로우

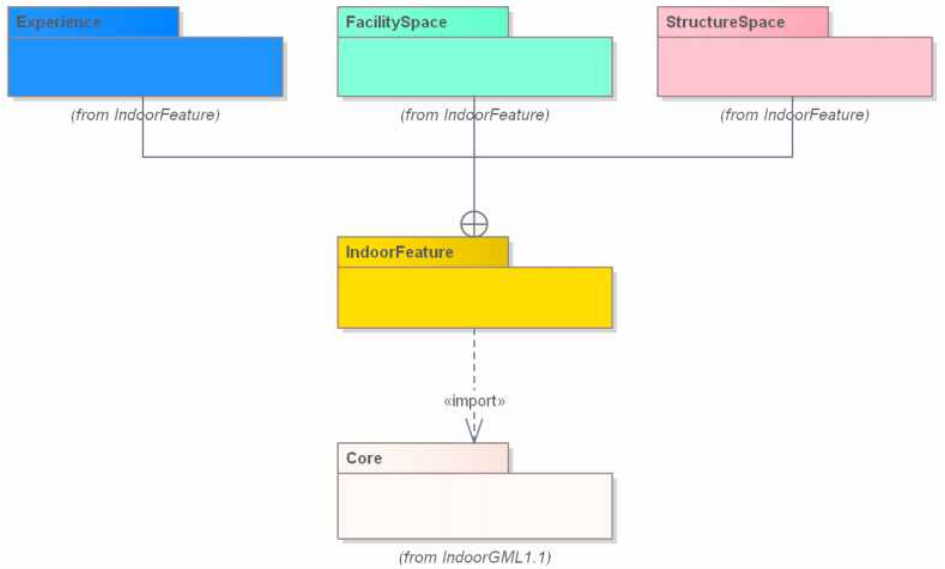


그림 395 Indoor Feature 모델의 UML 패키지 다이어그램

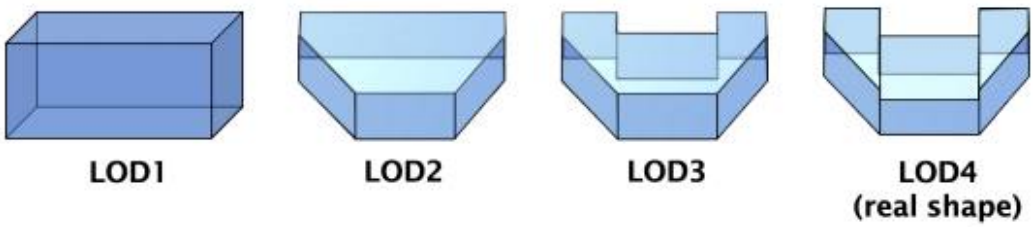


그림 396 Indoor Feature의 세밀도(LOD) 예시

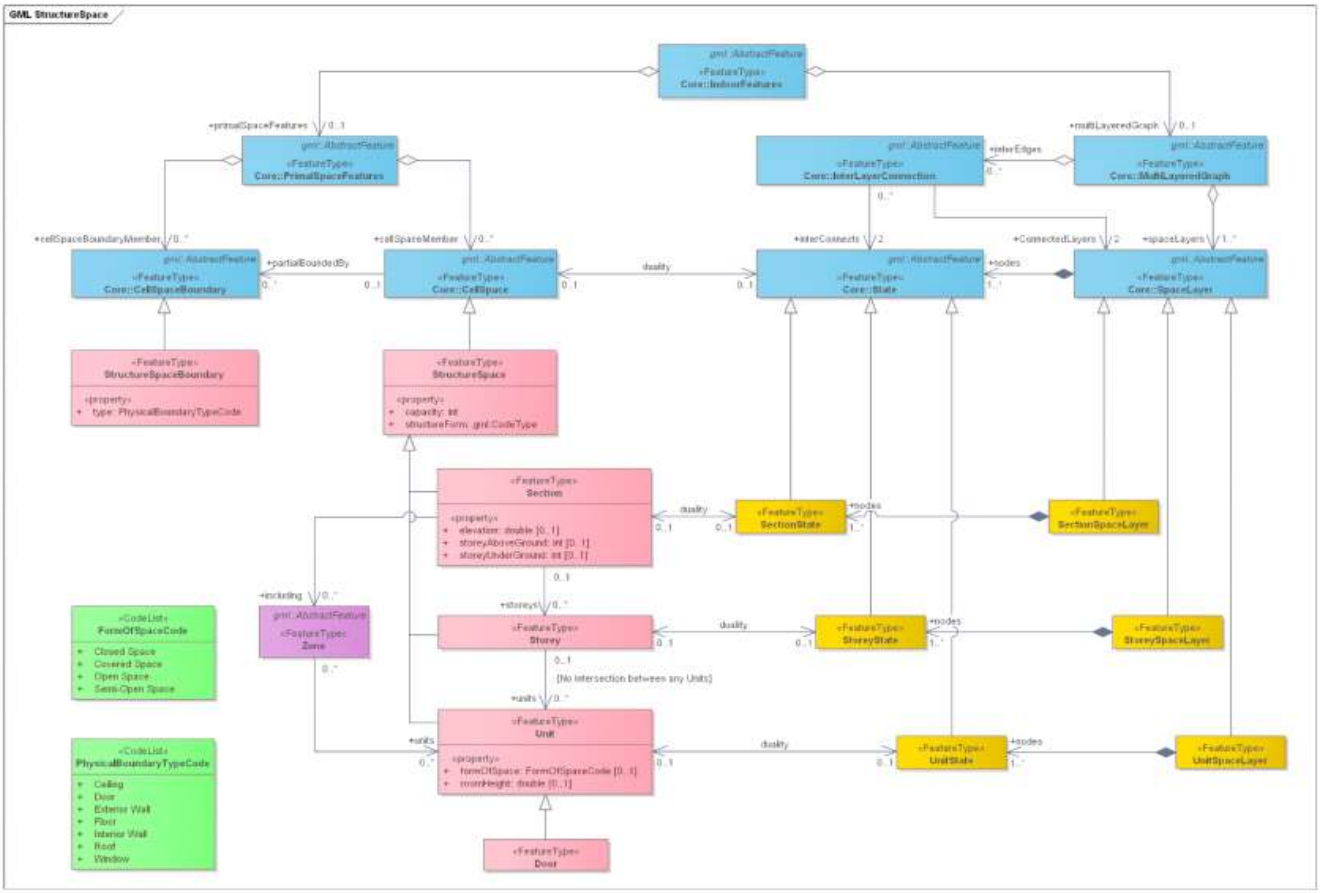
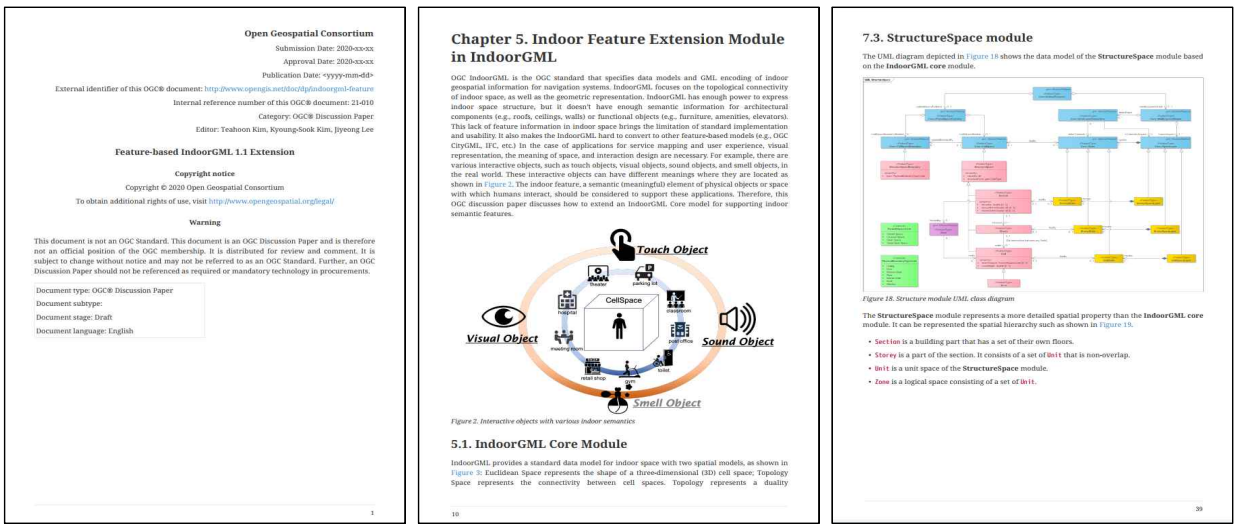


그림 397 제안된 IndoorGML 기반의 Indoor Feature 모델의 UML 다이어그램

- OGC IndoorGML SWG에 발표(2020.12) 및 Discussion paper 제출(2020.11)
- 지속적인 OGC IndoorGML SWG 활동을 수행하며 채택을 위한 노력을 기울임



Open Geospatial Consortium

Submission Date: 2020-xx-xx
Approval Date: 2020-xx-xx
Publication Date: <yyyy-mm-dd>
External identifier of this OGC® document: http://www.opengis.net/doc/dp/indoorgml-feature
Internal reference number of this OGC® document: 21-010
Category: OGC® Discussion Paper
Editor: Teahoon Kim, Kyoung-Sook Kim, Jiyeong Lee

Feature-based IndoorGML 1.1 Extension

Copyright notice

Copyright © 2020 Open Geospatial Consortium
To obtain additional rights of use, visit http://www.opengeospatial.org/legal/

Warning

This document is not an OGC Standard. This document is an OGC Discussion Paper and is therefore not an official position of the OGC membership. It is distributed for review and comment. It is subject to change without notice and may not be referred to as an OGC Standard. Further, an OGC Discussion Paper should not be referenced as required or mandatory technology in procurements.

Document type: OGC® Discussion Paper
Document subtype:
Document stage: Draft
Document language: English

1

Chapter 5. Indoor Feature Extension Module in IndoorGML

OGC IndoorGML is the OGC standard that specifies data models and GML encoding of indoor geospatial information for navigation systems. IndoorGML focuses on the topological connectivity of indoor space, as well as the geometric representation. IndoorGML has enough power to express indoor space structure, but it doesn't have enough semantic information for architectural components (e.g., roofs, ceilings, walls) or functional objects (e.g., furniture, amenities, elevators). This lack of feature information in indoor space brings the limitation of standard implementation and usability. It also makes the IndoorGML hard to convert to other feature-based models (e.g., OGC CityGML, IFC, etc.) In the case of applications for service mapping and user experience, visual representation, the meaning of space, and interaction design are necessary. For example, there are various interactive objects, such as touch objects, visual objects, sound objects, and smell objects, in the real world. These interactive objects can have different meanings where they are located as shown in Figure 2. The indoor feature, a semantic (meaningful) element of physical objects or space with which humans interact, should be considered to support these applications. Therefore, this OGC discussion paper discusses how to extend an IndoorGML Core model for supporting indoor semantic features.

Figure 2. Interactive objects with various indoor semantics

5.1. IndoorGML Core Module

IndoorGML provides a standard data model for indoor space with two spatial models, as shown in Figure 3. Euclidean Space represents the shape of a three-dimensional (3D) cell space; Topology Space represents the connectivity between cell spaces. Topology represents a duality

10

7.3. StructureSpace module

The UML diagram depicted in Figure 18 shows the data model of the **StructureSpace** module based on the **IndoorGML core** module.

Figure 18. Structure module UML class diagram

The **StructureSpace** module represents a more detailed spatial property than the **IndoorGML core** module. It can be represented the spatial hierarchy such as shown in Figure 19.

- `Section` is a building part that has a set of their own floors.
- `Storey` is a part of the section. It consists of a set of `Unit` that is non-overlap.
- `Unit` is a unit space of the **StructureSpace** module.
- `Zone` is a logical space consisting of a set of `Unit`.

39

그림 398 제출된 Discussion Paper 초안

□ (TTA 2021-0011) 실내 공간 데이터 모델

- 실내 공간 데이터 모델(ISDM)은 3차원 실내 공간 데이터를 구축, 활용 및 교환하기 위한 데이터 모델로 위의 데이터모델 구성 요소를 고려하여, 객체의 물리적, 기하학적 표현 및 활용, 공간의 위상관계 표현 및 활용을 위한 다섯 가지 모델로 구성(실내 공간 객체 모델/ 위상 모델/ 실내외 연계 모델/ 실내 POI 모델/ 세밀도 모델)

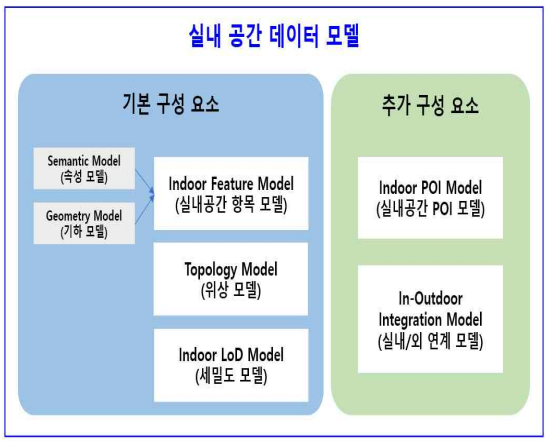


그림 399 실내 공간 데이터 모델(ISDM) 구성

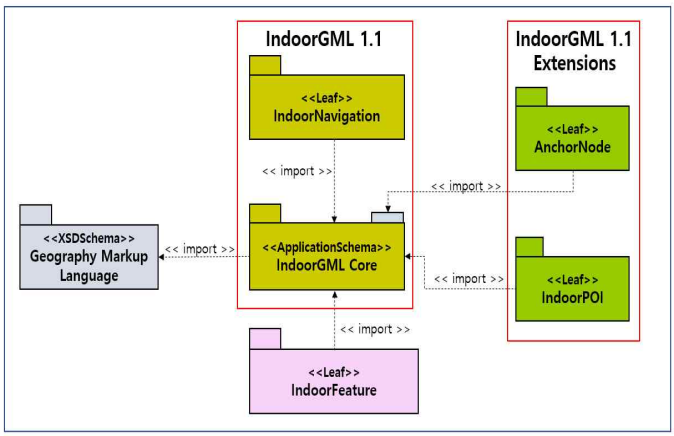


그림 400 실내 공간 데이터 모델 UML Packages

- 데이터 모델의 확장성을 고려하여 2차년도 개발된 CityGML IndoorADE를 개선하기 위해, IFC, OmniClass, ESRI의 AIIM, Apple의 IMDF, CityGML등 기존 건물 모델 표준 및 분류체계를 분석하여 공통된 객체를 도출, 실내 공간 객체 모델 개발에 적용함
- 실내 공간 객체 모델은 건물 내부 공간을 구성하는 모든 객체와 속성, 객체 간 관계를 정의
- 실내 공간 객체는 방, 층, 건물, 구역 등의 공간적 객체(Spatial elements), 벽, 천장, 바닥, 지붕, 문, 창문 등의 건축적 객체(Construction element), 가구, 배관, 이동수단, 로봇, 감지기 등의 시설 객체(Facility elements)를 포함

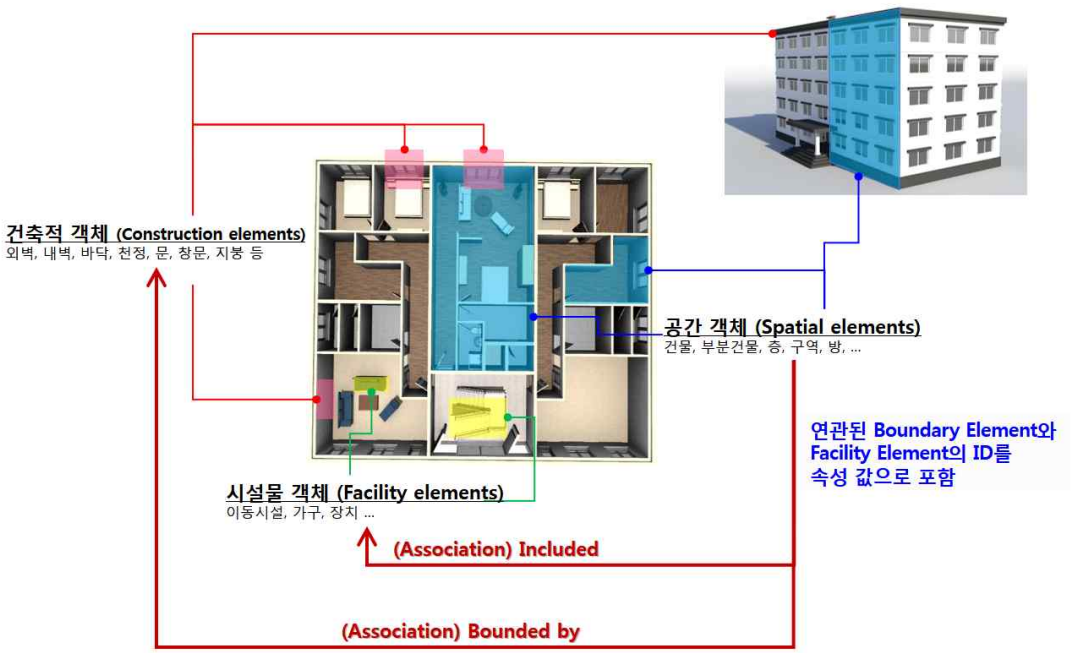


그림 401 실내 공간 객체 모델의 개념

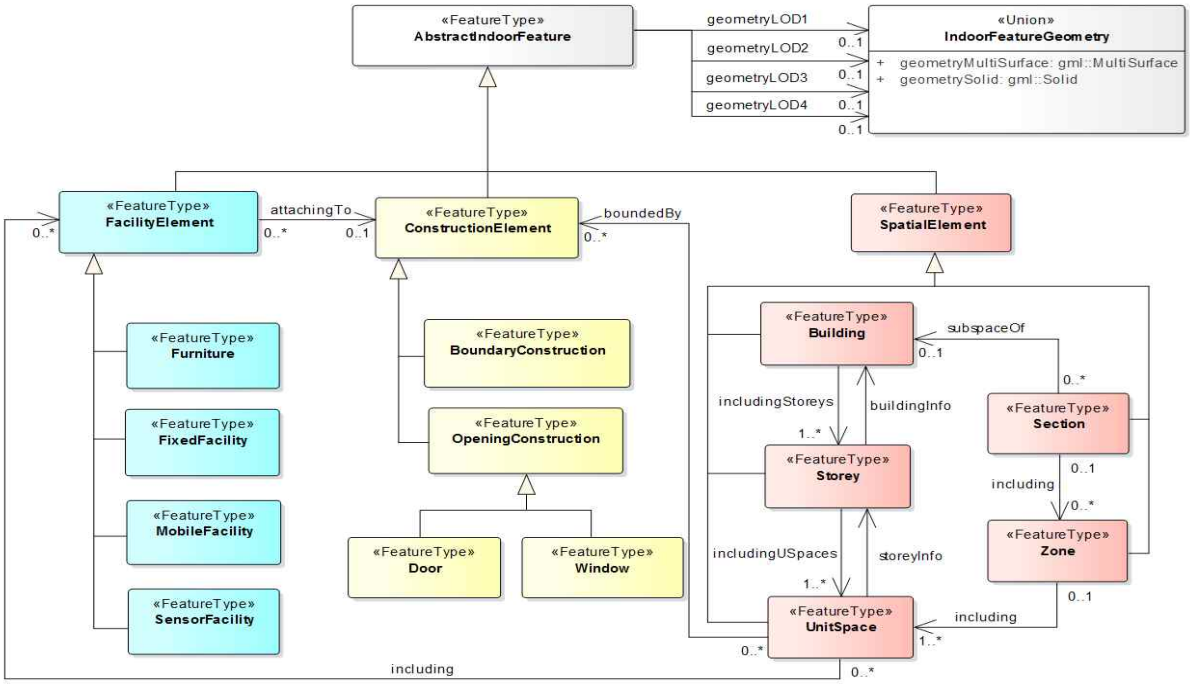


그림 402 실내 공간 객체 모델의 개념 UML 다이어그램

- 위상 모델은 OGC IndoorGML 1.1(OGC 14-005r5)을 참조, 필요 속성을 추가하여 실내 공간 객체 모델에 정의되는 모든 공간 객체의 위상관계를 표현함

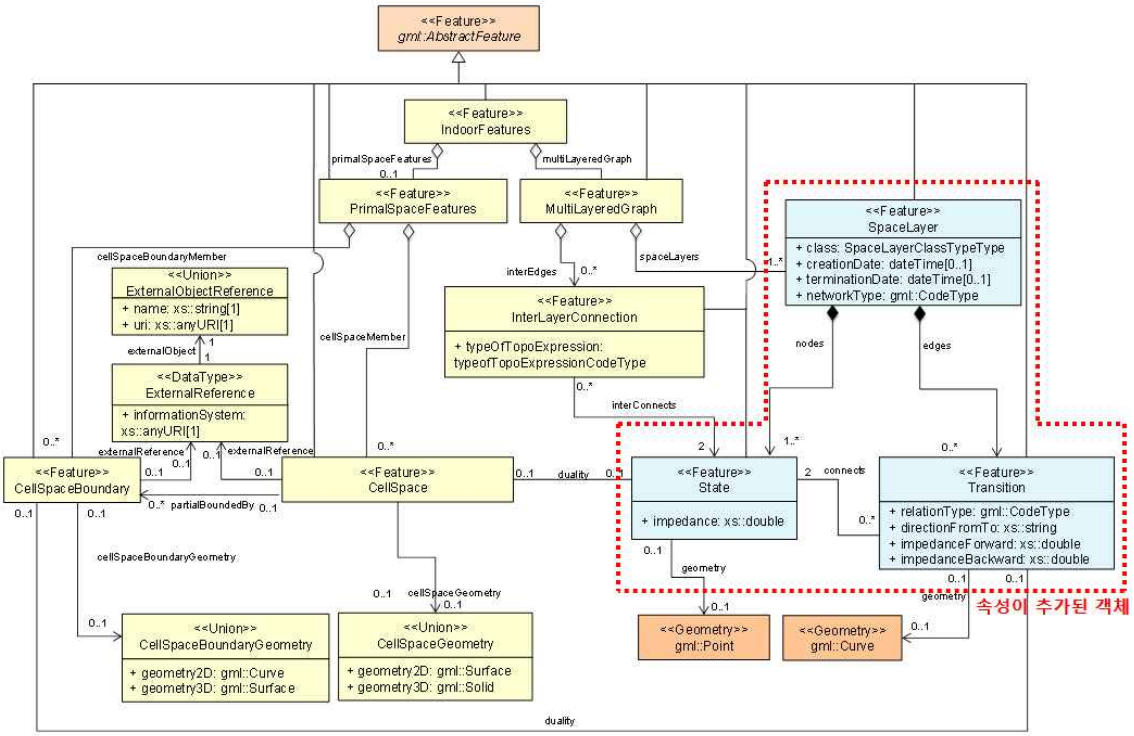


그림 403 위상 모델(OGC IndoorGML 1.1(OGC 14-005r5) Core 모듈 수정)

- 실내 공간 객체 모델에서 정의되는 모든 공간 객체를 IndoorGML 1.1 Core 모듈의 CellSpace 클래스로 설명할 수 있도록 설계하여 모든 공간 객체의 위상관계가 표현될 수 있도록 함

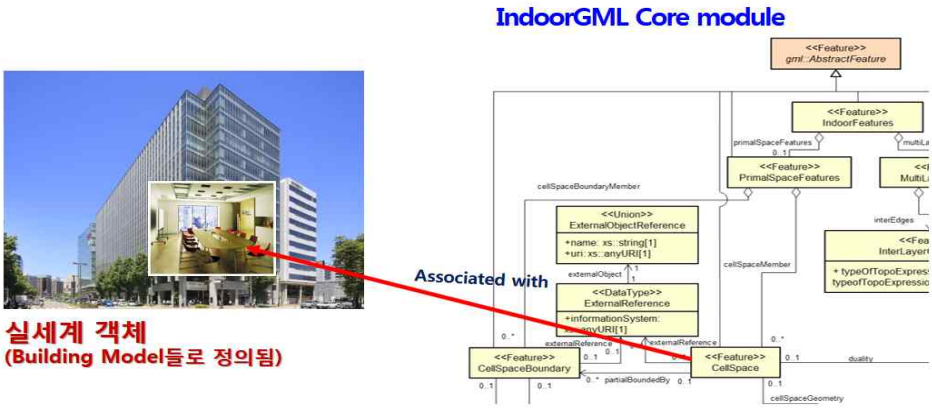


그림 404 Indoor Feature: IndoorGML Core 모듈 CellSpace와의 관계

- 실내외 연계 모델은 실내공간과 실외공간을 연계하기 위해 OGC IndoorGML SWG에 채택된 Extension 모델 Anchor Node Extension(19-004r1)을 참조
- 실내 POI 모델은 실내 공간의 주요 관심 지점을 표현하기 위해 OGC IndoorGML SWG에 채택된 확장모델인 An Extension Model to attach Points of Interest(20-054r1)를 참조
- 실내 공간 객체의 기하학적 표현은 세밀도(LOD)에 따라 다른 형태로 표현됨

표. 실내 공간 객체 모델의 LOD 개념 및 표현방법

Characteristics		LOD1	LOD2	LOD3	LOD4
Generalization/ Geometric accuracy		SpatialElement: 요철 제거 (밑면 Convex hull) FacilityElement: 최소 크기 1mX1mX0.5m	SpatialElement: 수직요철 제거/ 밑면에서 0.5mX0.5m 이하 수평 요철 제거 ConstructionElement: 밑면의 최소 크기 0.5mX0.5m FacilityElement: 최소 크기 0.5mX0.5mX0.25m	SpatialElement: 0.5mX0.5mX0.1m 이하의 수직 요철 제거/ 밑면 0.25X0.25 이하 수평 요철 제거 ConstructionElement: 밑면의 최소 크기 0.25mX0.25m FacilityElement: 최소 크기 0.25mX0.25mX0.1m	모두 표현
Geometric Figure		Extruded Solid/Simple Convex hull surface	Solid/MultiSurface	Solid/MultiSurface	Solid/ MultiSurface
Geometric Representation	Building	O	O	O	O
	Section	O	O	O	O
	Storey	O	O	O	O
	Zone	O	O	O	O
	UnitSpace	O	O	O	O
	Boundary Construction	O	O	O	O
	Window	X	△	O	O
	Door	O	O	O	O
	Furniture	X	△	O	O
	FixedFacility	△	O	O	O
	MobileFacility	X	△	O	O
	SensorFacility	X	△	O	O

- TTA 표준안 제출(2020.12) / TTA 표준 채택(2021.03.31.) / TTA 표준 제정 예정(2021.12.08)

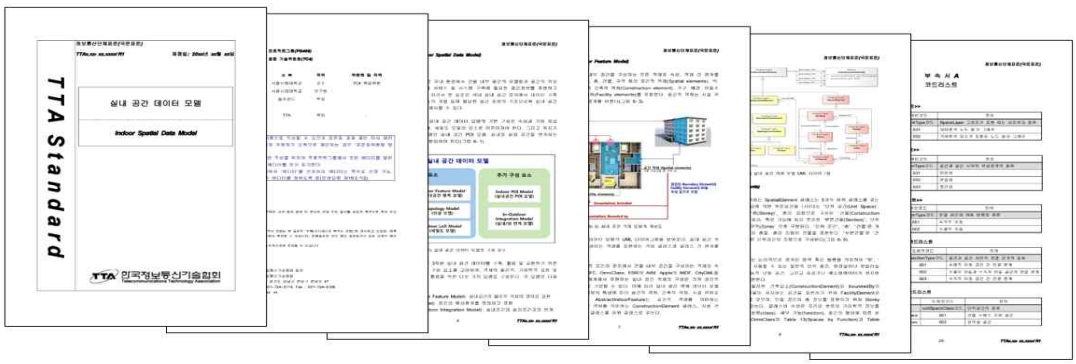


그림 405 제출된 TTA 표준문서 초안 (표준 과제번호: 2021-0011)

(2) Indoor POI 데이터모델 개발

☐ Indoor POI 데이터모델 개발 방향

- Indoor POI 개발의 주요 목적은 실내공간 객체의 검색(Search), 시각화(Display), 공유(Sharing)
- POI 검색 및 레이블링 목적으로 POI의 별칭의 세부수준 관리 필요
- 실내공간의 공간 객체 간 계층적 관계의 정의가 필수적임
- POI 공유 및 검색 기능과 관련하여 분류체계 및 다중항목 처리 부분이 고려되어야 함

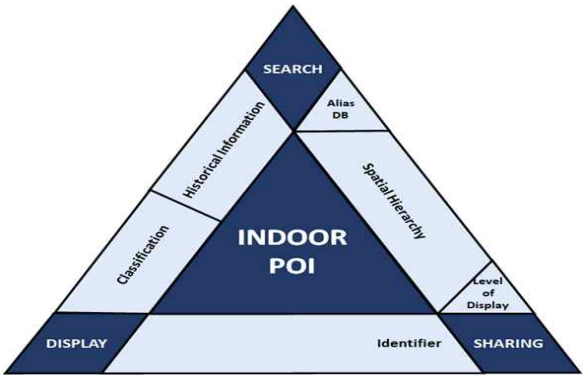


그림 406 Indoor POI 데이터모델 개발 방향

☐ Indoor POI Classification

- 실내 공간에서 정의가 필요한 POI를 3개의 수준으로 분류

Level 1	Level 2	Level 3
Place	Pedestrian	stairs, slope way, lobby
	Private	common room
	Relaxation	relaxation room, smoking area, men's toilet, women's toilet, disabled toilet, bench, rubbish bin
Things	Access Facility	door, ticket gate, access control units
	Conveyor transport	up escalator, down escalator, up moving sidewalk, down moving sidewalk, horizontal moving sidewalk, elevator, wheelchair lift
Retail & Services	Services	nursery, drug store, vending machine, ticket machine, information, lounge, guest room, covered car park, bank, cash office, cash machine or ATM, post office, billboard
	Retail	restaurant, coffee shop, clothing store, hair shop, ticket office, aquarium, bowling alley, swimming-pool, store
Safety & Security	Fire-fighting supplies	fire protection appliance, fire extinguishing system, fire extinguisher, fire alarm
	Emergency relief supplies	automated external defibrillator, life-saving trolley
	Evacuation facility	shelter, emergency call center, exit, emergency escape device, relief goods

그림 407 Indoor POI Classification

☐ Spatial Hierarchy

- 실내 POI 객체의 계층적 관계를 표현하기 위해 IndooPOI_Basic 피처클래스에 Self-aggregation 관계를 정의

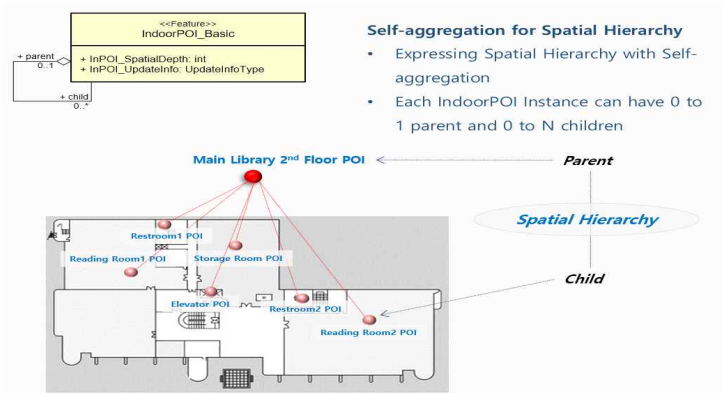


그림 408 Self-aggregation for spatial hierarchy

☐ Spatial Depth

- 실내 POI를 시각화 할 때 scale에 따라 display의 상세도가 적절하게 조절되어야 함
- IndoorPOI_Basic에 spatial depth 정의하여 scale에 따라 가시화 여부를 결정하도록 함

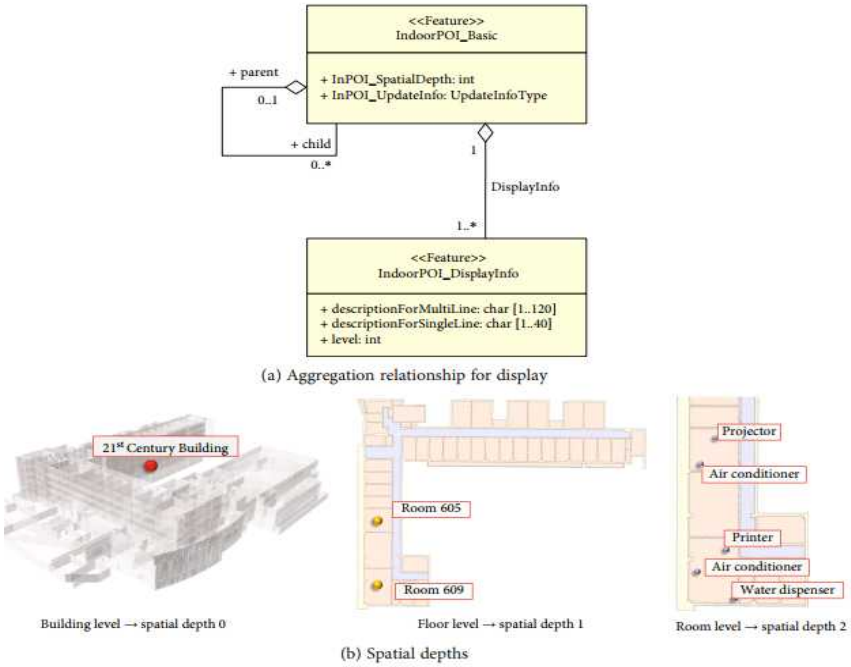


그림 409 Spatial depth of indoor POI

☐ Spatial Temporal Information

- 실내 POI의 위치 또는 기능이 변경되었을 경우 이력을 관리할 수 있도록 시공간 정보를 관리하는 Association 클래스를 정의

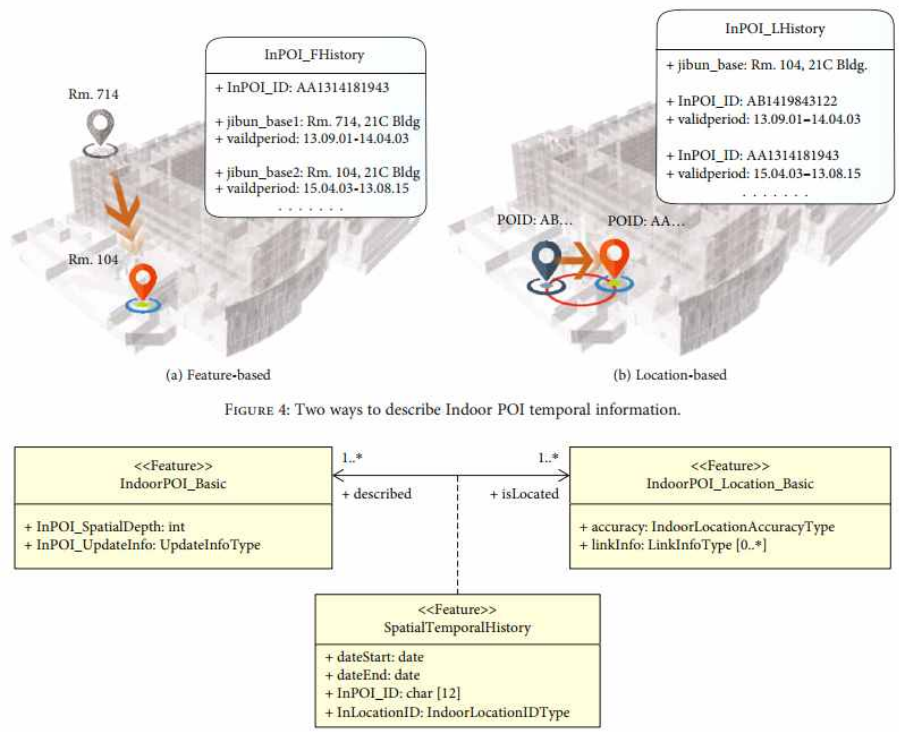


그림 410 Association class for spatial-temporals Indoor POI history management

☐ Indoor POI 데이터모델

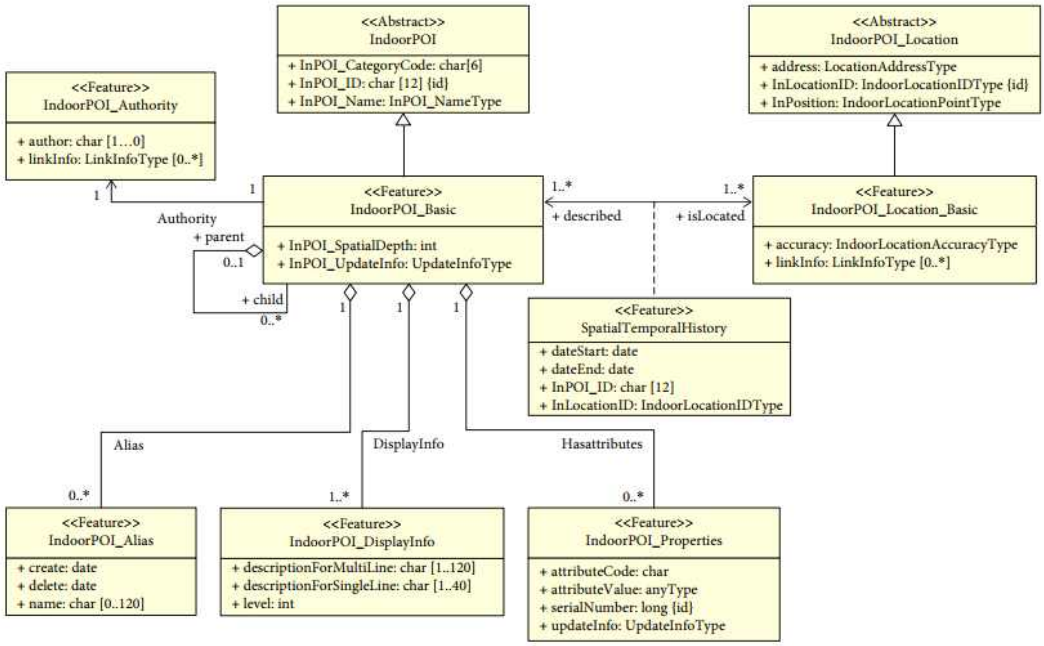


그림 411 Indoor POI 데이터모델의 UML 다이어그램

- 서울시립대학교 21세기관을 대상으로 Indoor POI 데이터모델을 적용하여 POI를 화용한 공간 분석을 수행. 공간의 계층적 구조와 시공간적 관리가 가능한 것으로 검증됨

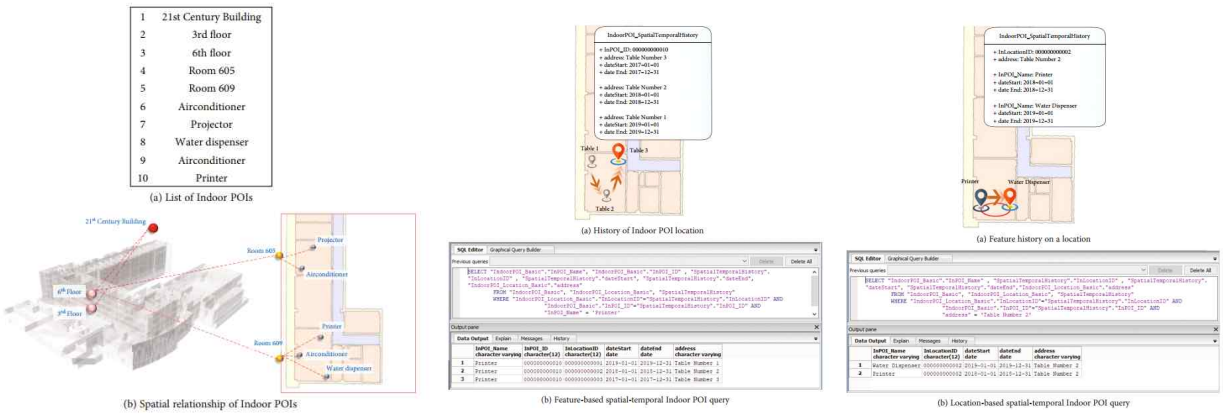


그림 412 Experimental implementation

- 연구결과를 정리하여 SCIE 논문으로 성과 도출

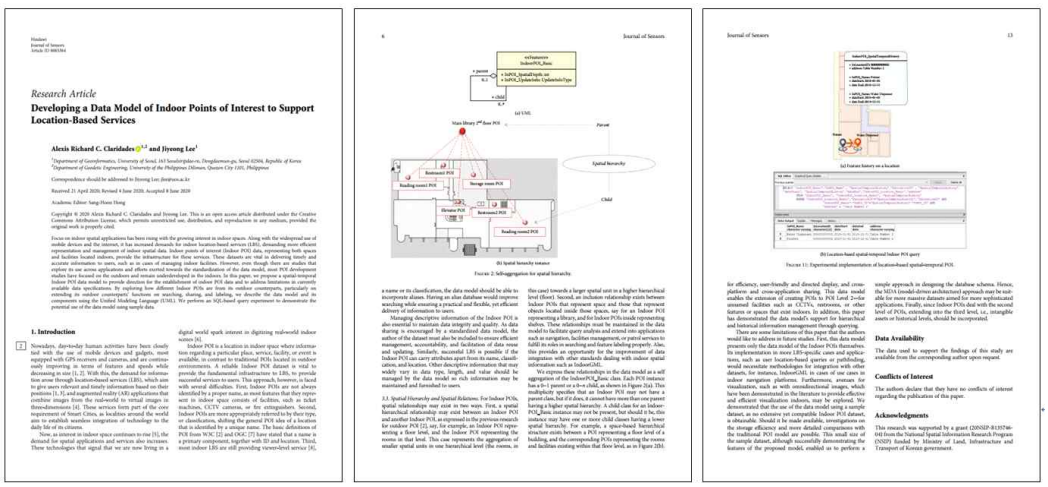


그림 413 연구결과를 정리하여 SCIE 논문으로 성과 도출

☐ Indoor Feature 데이터 모델 개발

- 실내 POI를 자동으로 생성하고 활용하기 위해서는 물리적 객체를 표현하는 Feature 모델이 필요함
- 실내 공간 객체 모델은 지형학적 공간의 관점에서 건물 내부 공간을 구성하는 객체와 속성, 객체 간 관계로 구성됨
- IFC, OmniClass, ESRI의 AIIM, Apple의 IMDF, CityGML등 기존 건물 모델 표준 및 분류체계에서 표현하는 실내 공간 객체의 구성은 크게 공간적 객체, 건축적 객체, 시설 객체로 구분할 수 있음
- 이에 따라 Indoor Feature 데이터 모델은 지형적 실내 공간 객체를 객체의 특성에 따라 공간적 객체, 건축적 객체, 시설 객체로 구분함
- 최상위 클래스인 AbstractIndoorFeature는 공간적 객체를 의미하는 SpatialElement 클래스, 건축적 객체를 의미하는 ConstructionElement 클래스, 시설 객체를 의미하는 FacilityElement 클래스를 하위 클래스로 갖음

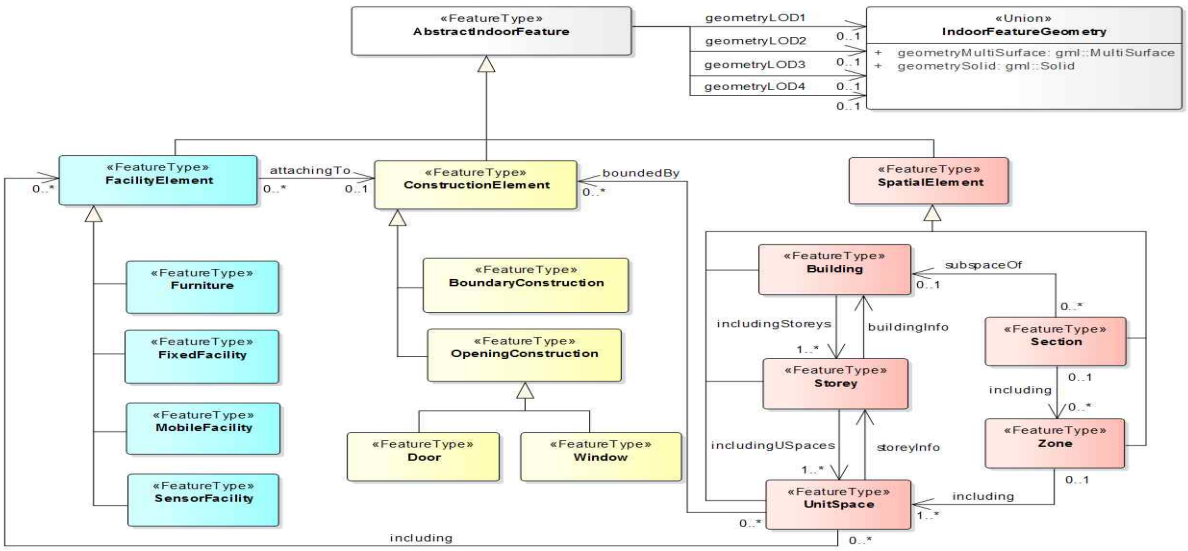


그림 414 Indoor Feature 데이터모델의 UML 다이어그램

- 건물 내부의 공간적 객체를 의미하는 SpatialElement 클래스의 하위클래스는 방, 복도, 필요에 의한 부분공간을 나타내는 '단위 공간(Unit Space)', 단위공간의 집합으로 구성된 '층(Storey)', 층의 집합으로 구성된 '건물(Construction Entity)', 건물을 물리적 구조에 따라, 혹은 기능에 따라 분리한 '부분건물(Section)', 단위공간을 필요에 의해 그룹화한 '구역(Zone)' 으로 구분
- '단위 공간', '층', '건물'은 계층적 구조를 이루어, 방의 집합이 층을, 층의 집합이 건물을 표현하고 '부분건물'은 '건물'을 분할하여 구성하고 '구역'은 단위공간의 집합으로 구성됨

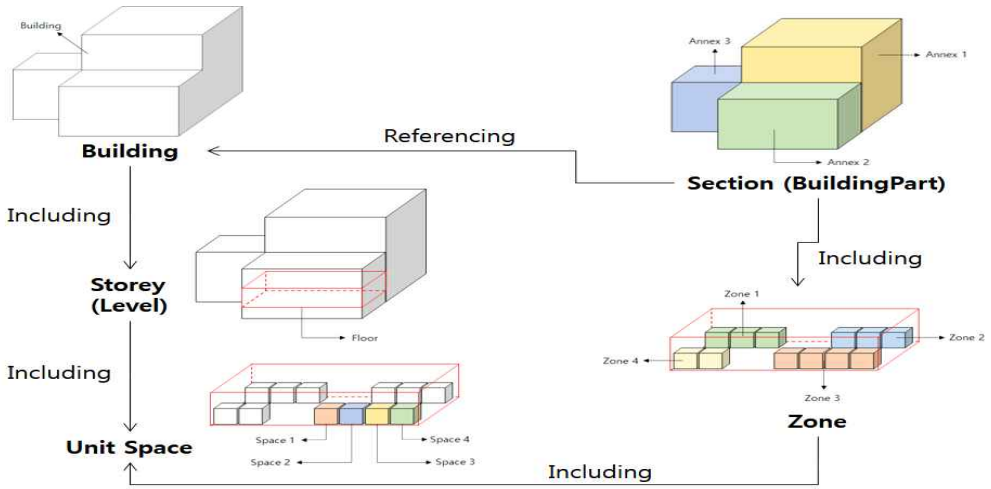


그림 415 공간요소들의 계층 구조

(3) IndoorGML Validator (3차년도 종료)

☐ IndoorGML Validator 설계 및 Parser 개발

- 다음과 같은 단계로 개발

  ① IndoorGML을 위한 새로운 parser 개발;

  ② IndoorGML 관련 오류 정의 하여 기존 val3dity의 잠재적 오류와 매칭이 되는지 파악 (http://geovalidation.bk.tudelft.nl/val3dity/docs/errors/와 조화를 이룸);

  ③ IndoorGML 기능을 지원하기 위해 오류를 제거하는 방향으로 validator 구조 수정

- IndoorGML Parser인 IndoorJSON 명세서의 초안을 개발하고 몇 가지 데모파일을 제공하여 타 연구팀과의 의견교환이 가능하도록 함

(4) 실내외 공간 연계활용을 위한 기술 개발 및 IndoorGML 확장모듈 개발

☐ IndoorGML Core모듈 기반 위상관계를 이용한 실내외 연계 기술 개발

- IndoorGML은 개념적으로 실내외 공간을 연결하기 위해 Anchor Node 개념을 표준에 도입하였음. 그러나 표준에는 구현 방법이 명시되어 있지 않음. 해당 연구에서는 Anchor Node 개념을 확장하기 위해 TRDFM(Topological Relation-Based Data Fusion Model)을 제시함
- AnchorEdge는 건물 네트워크와 실외 도로를 연결함. 한쪽은 건물 입구의 홀을 나타내는 AnchorNode이고, 다른 한 쪽은 거리 네트워크의 위치를 나타내는 AnchorNode임

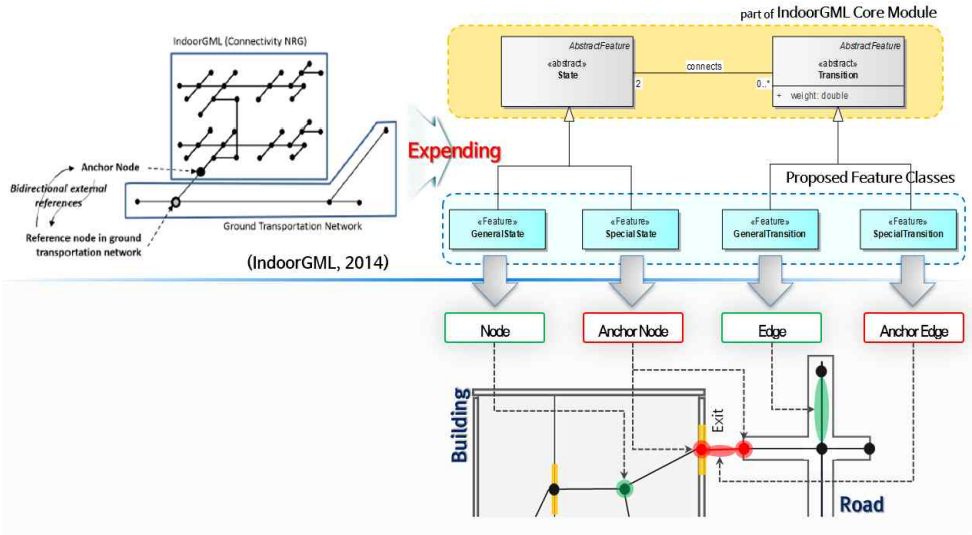


그림 416 위상관계 기반의 공간 데이터 융합 방법

- AnchorNode와 AnchorEdge는 모델에서 SpecialState, SpecialTransition 개체로 구현됨. Surface-based, Volume-based, 도로 네트워크 모델과 같은 다양한 기하 데이터셋이 본 모델과 호환되도록 위상 데이터로 변환될 수 있음

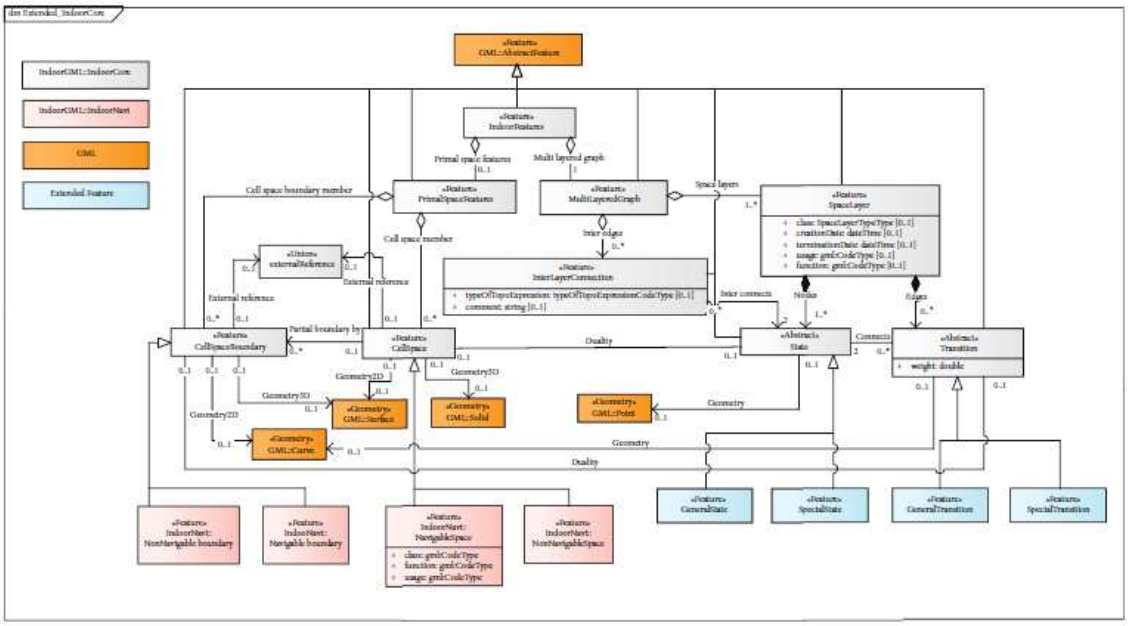


그림 417 UML diagram of TRDRM based on IndoorGML core module

- 위상 데이터셋을 시각화하고 Dijkstra 알고리즘을 이용한 3차원 네트워크 분석을 수행하기 위해 데모 프로그램을 구현함. 서로 다른 포맷의 지리 데이터셋을 융합함으로써 통합된 위상 데이터를 기반으로 하는 3차원 질의가 가능해짐

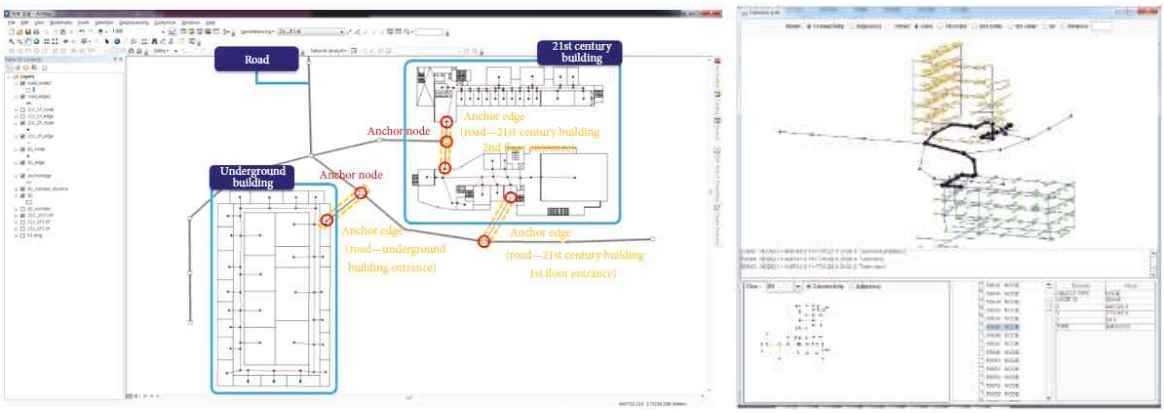
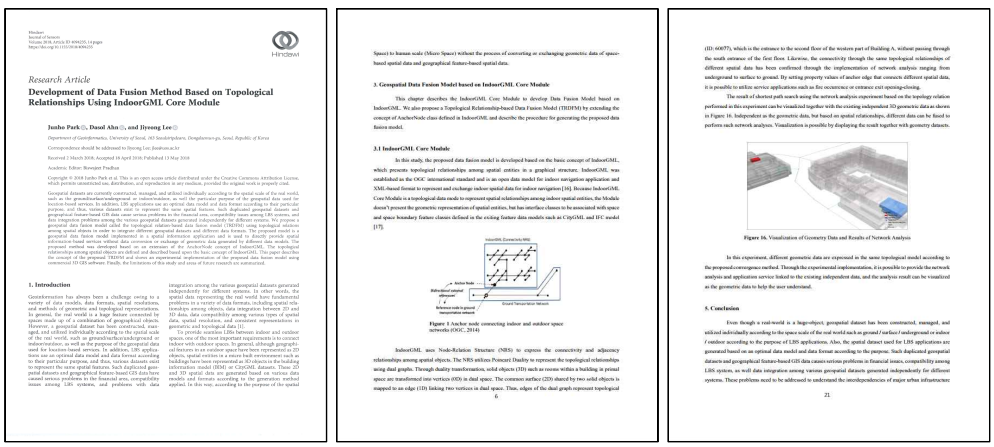


그림 418 Topological data based on the TRDFM and shortest path analysis in the sutdy area

- 연구결과를 정리하여 SCIE급 논문 성과도출



Research Article

Development of Data Fusion Method Based on Topological Relationships Using IndoorGML Core Module

그림 419 위상관계 기반 공간데이터 융합 연구 논문 (SCIE)

☐ How to extend IndoorGML for Seamless Navigation between Indoor and Outdoor Space

- IndoorGML과 다른 데이터 표준과의 통합에 관한 연구가 진척되어 왔으나 여전히 두 표준의 피처 타입을 맵핑하거나 실내공간을 표현하는 요소들을 연결하는 방법에 대해 다루고 있음. 실내외 연결과 관련하여 TRDFM은 Anchor Node를 기반으로 하는 위상 관계를 사용하지만, IndoorGML에서 실외 공간을 표현하는 범위에 머무름. 이는 실외 데이터를 다시 IndoorGML로 작성해야 함을 의미하며, 중복 표현을 유도함
- SeamlessNavigation 모델은 이러한 IndoorGML과 다른 표준들의 연결과 관련된 한계점을 극복할 수 있음

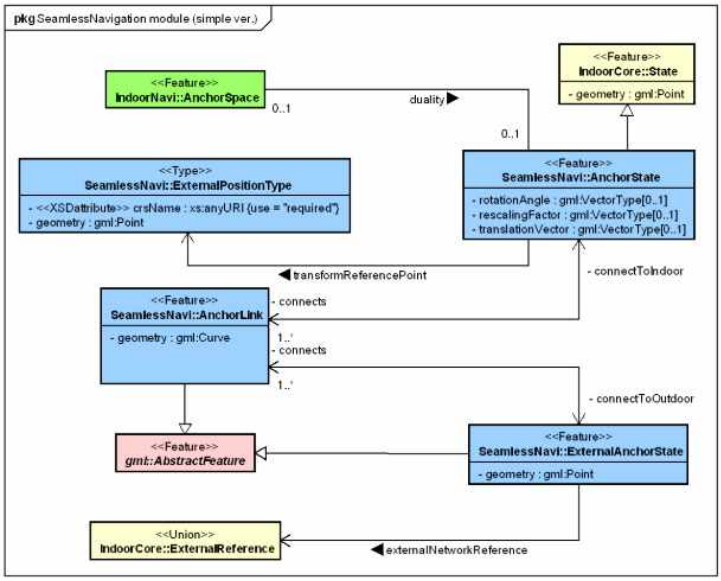


그림 420 Simple version of the SeamlessNavigation Module

- AnchorState는 실내공간과 실외공간을 연결하는 노드 또는 실내외 공간의 통합을 위한 제어점임.
- ExternalAnchorState는 실외 네트워크에서 위치를 표시하는 노드를 나타냄. 기하학적으로 GML에서는 point로 표현되고, AnchorLink 곡선 기하의 끝점 중 하나임. ExternalAnchorState는 CityGML, GDF 등 다른 표준들의 실외 네트워크에 대한 참조를 지님
- AnchorLink는 AnchorState와 ExternalAnchorState를 연결함

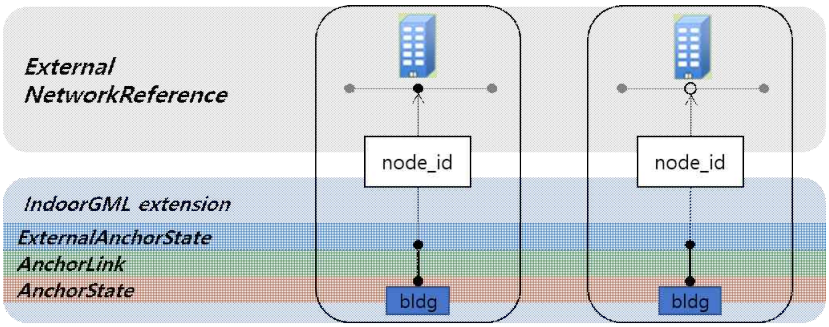


그림 421 Implementation of the SeamlessNavigation Module

☐ Transitional Space 기반 연계기술 개발

○ 3차년도 개발된 IndoorGML Sealmess Navigation 모듈이 표현하는 AchorState와 AnchorLink를 이용한 실내외 연계 기술의 한계를 개선하여 실내외 연계기술을 고도화

- Seamless Navigation 모듈은 건물 앞 공터나 정원과 같은 Intermediate Space가 실내공간(건물 등)과 연결하고자 하는 실외공간(도로 등) 사이에 존재하는 경우에 적용이 어려운 한계가 존재
- 이에 이러한 Intermediate Space를 Transitional Space로 정의하고 Transitional Space를 표현하는 Network를 개발함

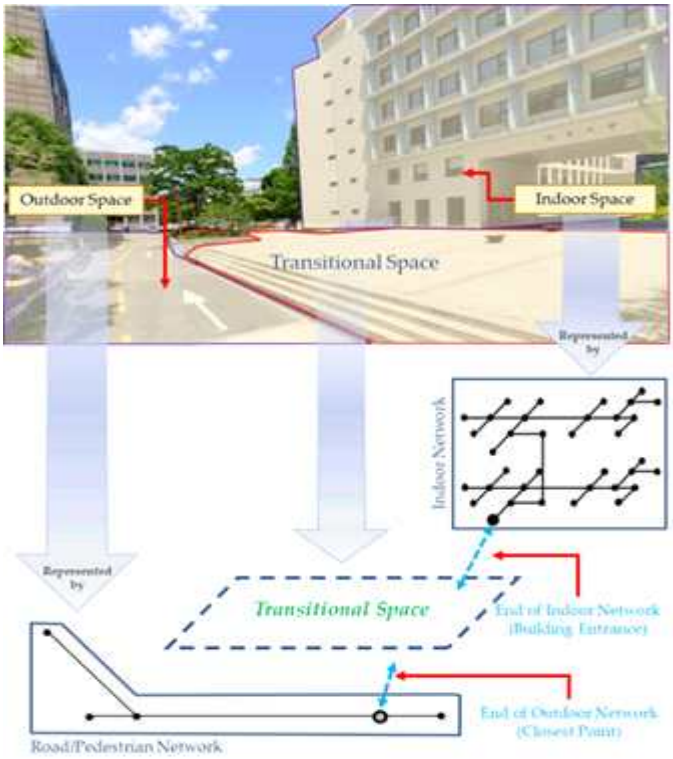


그림 422 실내외 공간 사이의 Transitional Space

- Seamless Navigation 모듈의 AnchorLink의 개념을 확장하여 Transition Graph Network로 정의
- 실내 공간 또는 실외 공간 네트워크와 Transition Graph Network를 연결하는 Transfer_Link를 정의

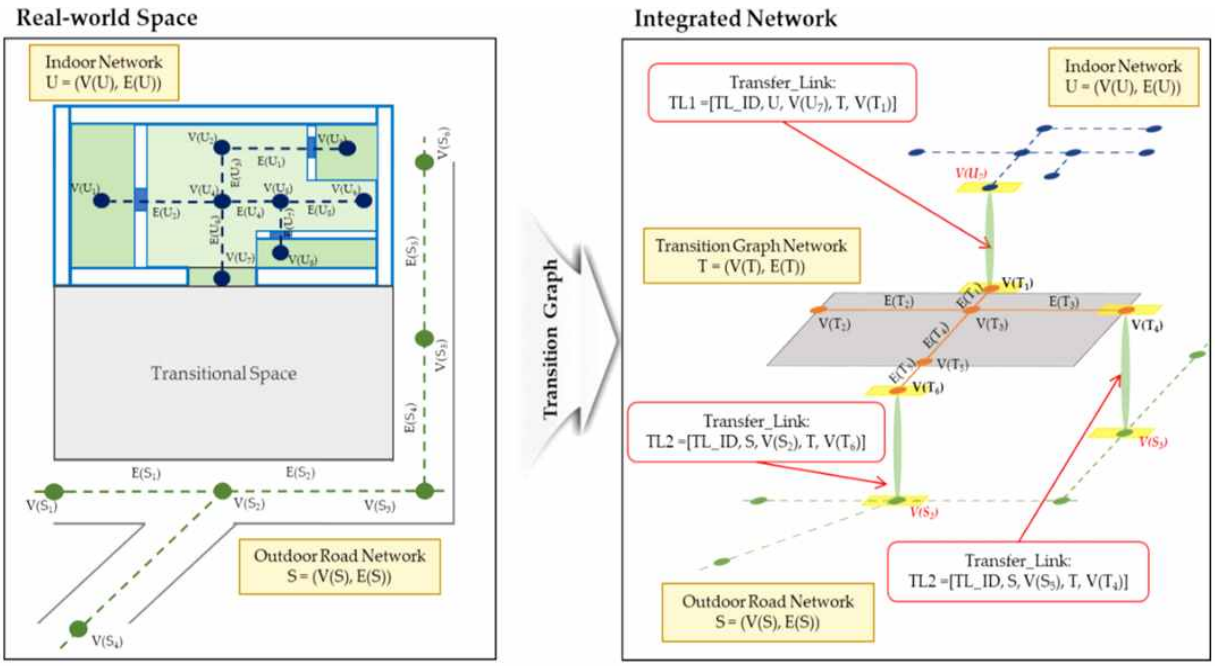


그림 423 Transitional Space를 표현하는 Network의 생성

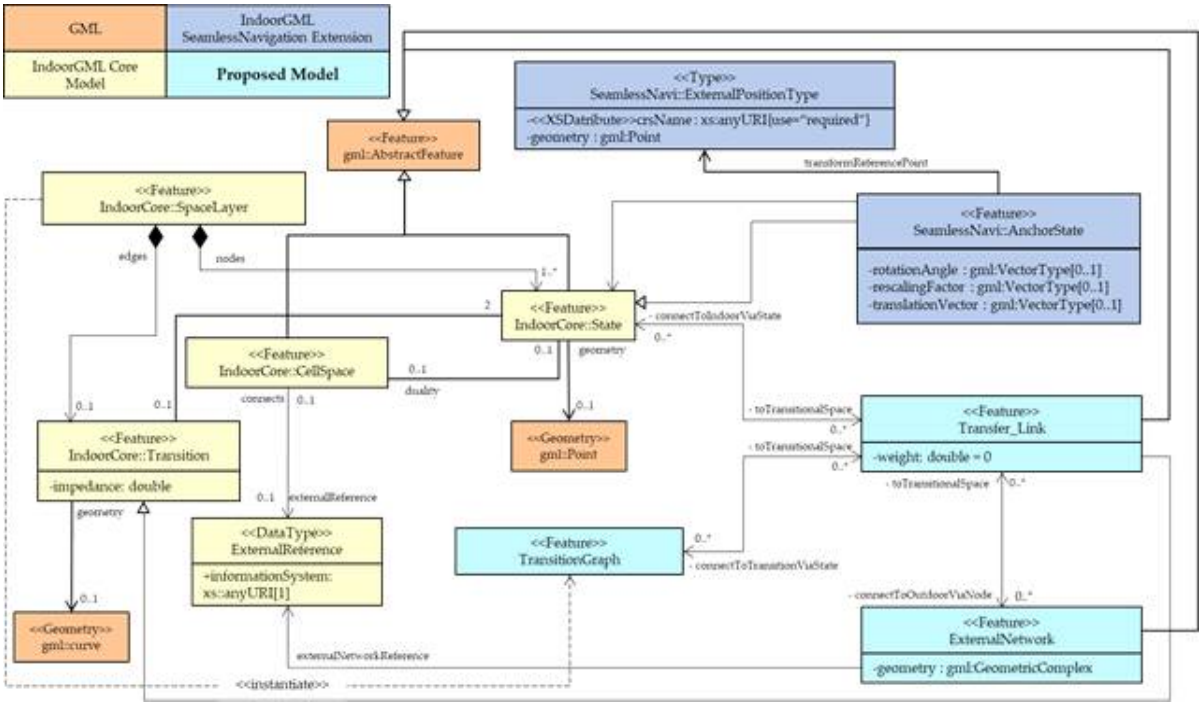


그림 424 개선된 데이터 모델의 UML 다이어그램

- 서울시립대학교 21세기관 건물 앞 광장을 대상으로 Transition Graph를 생성하고 Transitional Space의 Networkrk 경로탐색의 결과에 미치는 영향을 비교함
- Transitional Space에 SeamlessNavigation 모듈을 적용한 경우와 비교하여 Transition Graph Network를 적용한 경우, 보다 상세한 네트워크가 생성되어 상대적으로 정확한 경로탐색이 가능함

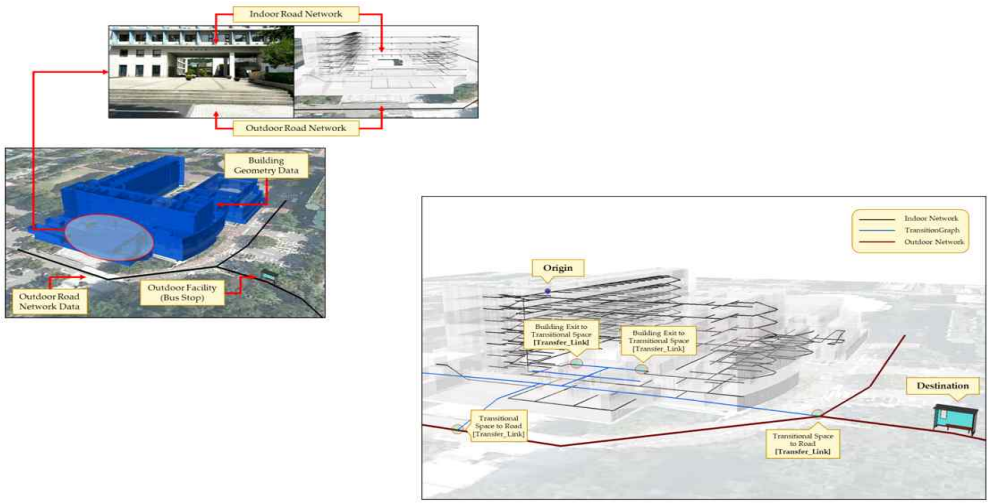


그림 425 적용 대상지 (서울시립대학교 21세기관)

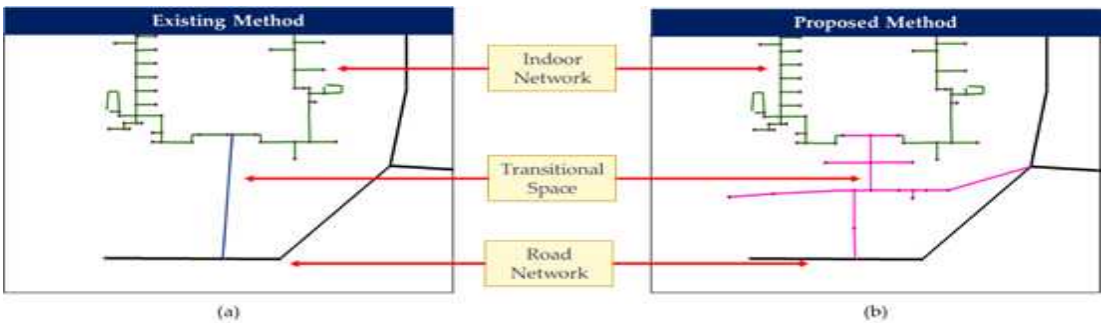


그림 426 (a) SeamlessNavigation 모듈 및 (b) 개선된 모델 적용하여 생성된 네트워크

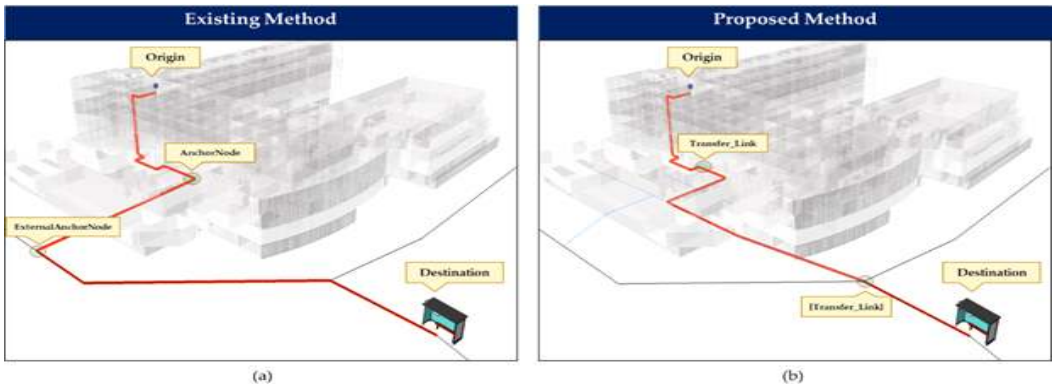


그림 427 최단경로 탐색 비교 (a) SealessNavigation 모듈, (b) 개선된 모델

- 연구결과를 정리하여 SCIE 논문 성과 도출 (2021.10)

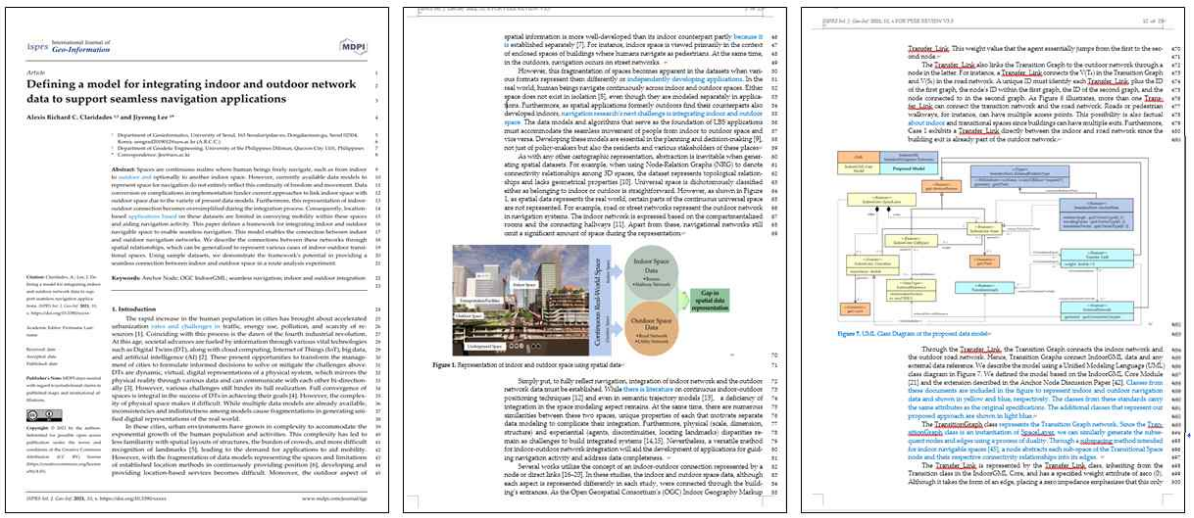


그림 428 연구결과를 정리하여 SCIE 논문 성과 도출 (2021.10)

□ 전방위영상과 IndoorGML 데이터 연계기술 개발 (Reference 데이터 활용)

- 실내공간 표현은 수년간 다양하게 변해왔으며, 실내공간정보의 활용 가능성과 잠재력을 기반으로 지속적으로 연구되어 옴. 실내공간 표현을 위한 일반적인 방법론들은 시각화와 시맨틱 정보를 제공하는 기하 데이터와 BIM 데이터를 활용. 그러나 두 가지 데이터는 공간 분석 역량이 결여됨.
- 기존 방법론들이 지닌 한계를 극복하기 위해 해당 연구에서는 전방위 영상을 이용하여 실내공간을 표현하는 방법론을 제시함. 이 방법론은 실내공간 데이터의 생성과 계산 측면에서 3차원 모델링보다 효율적임.
- 영상(이미지)는 기하 정보가 없어 시각화에만 사용되었음. 그러나 참조 데이터를 활용한 연계 기술을 이용하면 IndoorGML에 기반한 위상 정보가 이미지에 구현될 수 있음. 참조 데이터는 여러 룸들과 룸들의 관계를 설정하기 위해 단순화된 단일 층 레이아웃에 기반함. (아래 그림 참조)

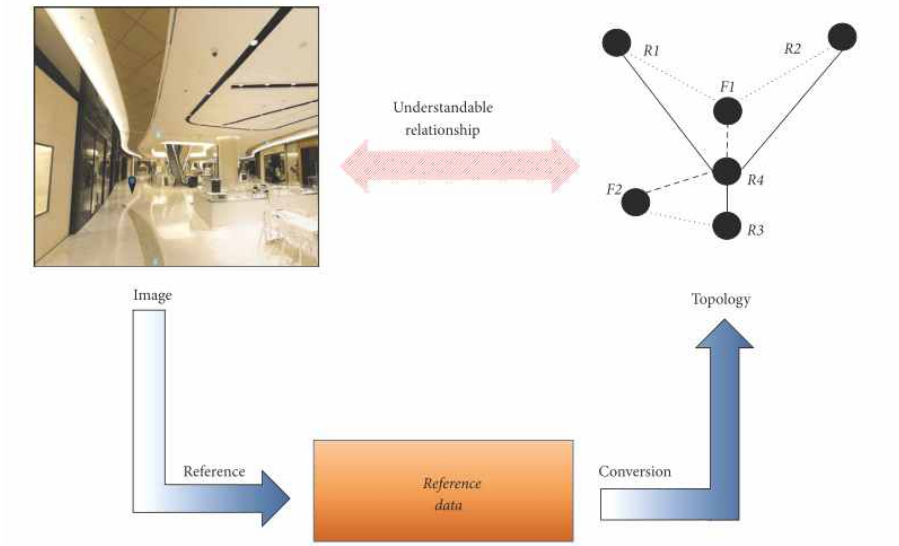


그림 429 Method for establishing image-based topological relationships through reference data.

- 영상은 픽셀 값만 지니므로, 식별된 공간의 좌표를 계산하여 참조 데이터와 연계해야 함. 참조 데이터는 위상 정보를 매칭하기 위해 사용되고, 매칭된 위상 정보는 실내공간 이용자에게 patrol-type 서비스를 제공하는 데 사용됨. 영상 정보와 표준에서 다루지 않는 기타 정보들을 활용하기 위해 IndoorGML 코어 모듈은 확장될 수 있음.



그림 430 Process of carrying out image-based interest object recognition

□ 전방위영상과 IndoorGML 데이터 연계기술 개발 (SEP 기반)

- 이미지는 실내공간을 표현하는데 유용하지만 픽셀 데이터이기 때문에 실내공간 서비스에 직접적으로 활용될 수 없음. 이미지에 묘사된 공간에서 서비스를 제공하기 위해서는 네트워크기반의 위상 데이터가 필요함. 영상과 위상 데이터를 통합 활용하여 공간적 서비스를 제공하는 기존 방법론들은 건물 평면도에 기반한 참조 데이터를 이용함.
- 참조 데이터가 필수 요소이던 기존의 방법론을 대신하기 위해 본 연구에서 Spatial Extended Point(SEP) 개념을 제시함. SEP 개념에서는 사용자 식별 픽셀과 IndoorGML 데이터의 노드가 연관됨. SEP는 각 노드에 대한 영향권을 나타내며 영상과 노드간의 위상 관계를 나타내는데 단순화된 솔루션을 제공함. SEP 개념을 이용하면 추가적인 변환 절차가 필요 없음.

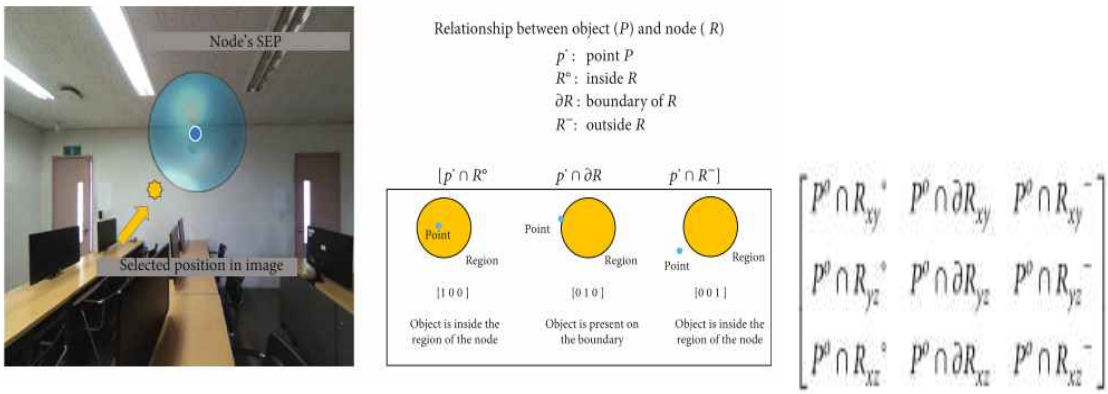


그림 431 그림. Determining topological relationships using the SEP

- 영상에서 사용자가 식별한 위치 정보를 사용하여3차원 영역을 정의함. 정의된 3차원 영역과 IndoorGML 및 POI 데이터와의 대응 관계를 구별함. 확립된 관계를 바탕으로 건물 내부 전방위 영상을 수집하여 다양한 기능을 구현함. 이는 영상 대 영상 이동 시각화뿐만 아니라 지속적인 실내공간 네비게이션에도 활용될 수 있음.

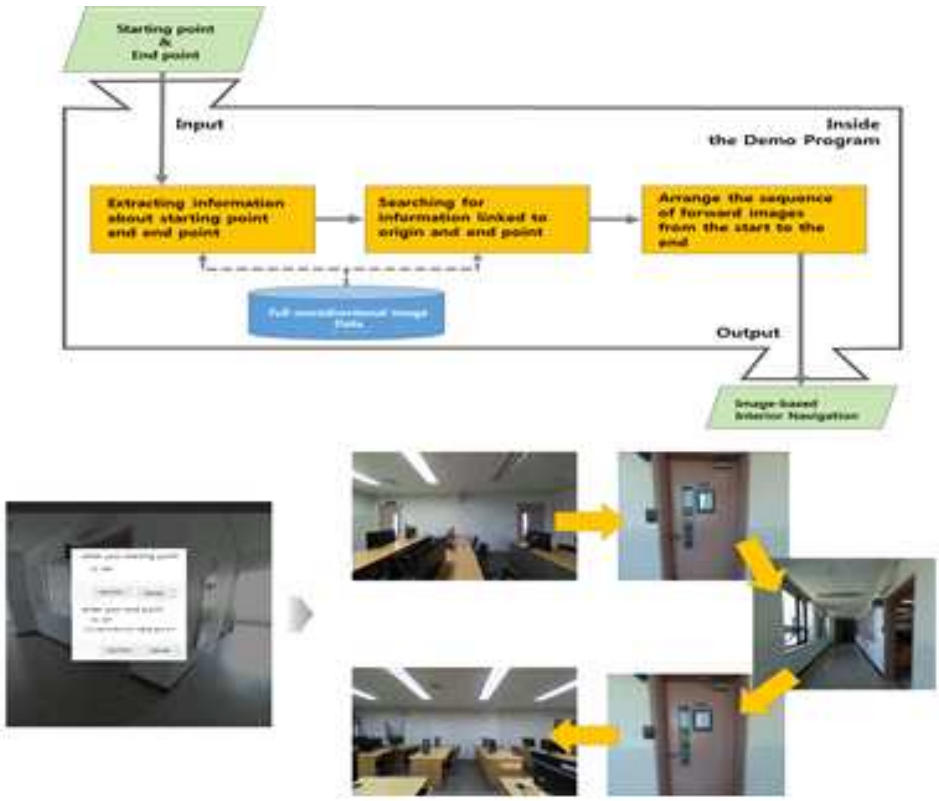


그림 432 그림. Process of carrying out image-based interest object recognition

(5) 공간데이터 연계 활용 기술 개발

☐ Spatial Neighborhoods in Indoor Space using Integrated IndoorGML and IndoorPOI data

- 2차원 혹은 실외공간의 인접공간을 포착하기 위한 정통적인 거리기반 방법론들은 곧바로 실내공간에 적용될 수 없음. 공간은 인간의 활동을 표현만 하는 것이 아니라 공간 내에 있는 인간의 활동에 직접적인 영향을 미침. 따라서 공간 분석은 공간의 기하학적 특성뿐만 아니라 기능적 측면도 고려해야 함. 해당 연구에서는 IndoorPOI 정보를 포함하고 있는 IndooGML 데이터를 이용하여 실내공간 의 인접공간을 분석하고, Space Syntax의 개념을 이용하여 실내 인접공간의 범위를 확장함

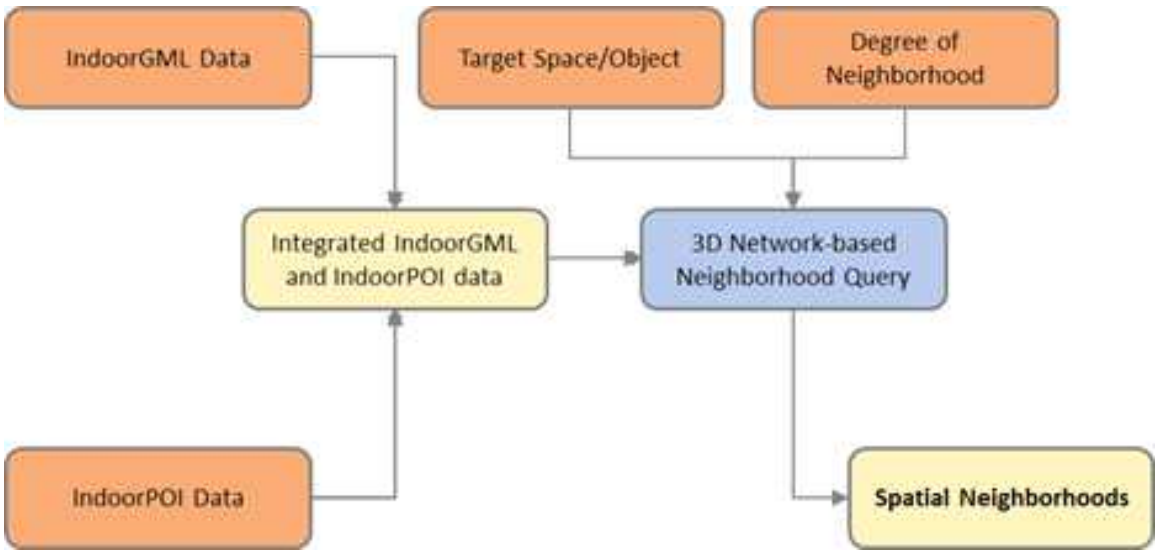


그림 433 실내 공간 인접성 식별 프레임 워크

- 실내공간의 인접공간 분석은 Euclidean neighbors이 아닌 공간의 차수나 강도를 기반으로 하는 접근 방식을 이용함. 차수기반의 분석은 인접성과 연결성 그래프 자체에 의존하고 공간의 위상관계에만 초점을 둠. 강도기반 분석은 보다 일반화된 접근법으로, 어떤 현상이 공간에 따라 지속적으로 변화하는 특정 케이스에 응용할 수 있음
- 차수기반과 인접공간과 강도기반 인접공간은 서로 다른 인접공간 세트를 지님. 차수기반에서는 공간의 모든 인접성이 동등하게 취급되지만 강도기반에서는 가중치가 적용되어 더 많은 인접공간을 탐지할 수 있음. 예를 들어, 방 내부에 스피커가 설치되어 있다고 가정할 때, 차수기반 인접공간은 방에서 복도까지와 복도 공간을 따라 움직이는 음파의 영향을 동일하게 고려함. 강도기반 인접공간에서는 가중치의 적용이 가능. 벽채는 음파를 차단하므로 방에서 복도로 이동하는 방향보다 복도 공간에서 음파가 더 잘 이동함. 강도기반 인접공간은 이러한 현상을 보다 세밀하게 표현할 수 있음

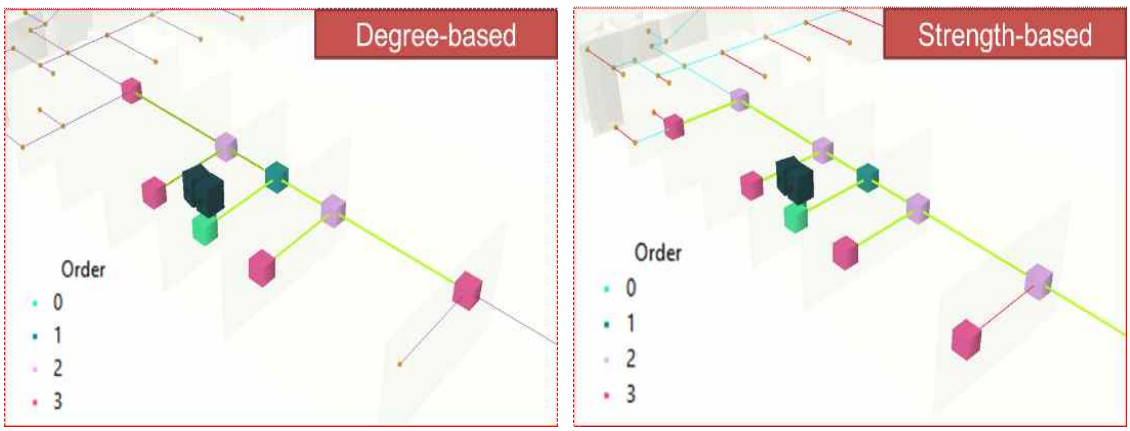


그림 434 Process of carrying out image-based interest object recognition

☐ Identifying Isolated Zones through Space Connectivity Analysis for IndoorGML Data

- IndoorGML의 토폴로지 그래프는 연결 관계를 묘사하고 실내에서의 이동 가능한 공간과 출구를 탐색할 수 있음. 이러한 실내공간 네비게이션에서 공간 이용자에게 네비게이션의 어려움을 주는 지역은 isolated zone임
- IndoorGML 데이터는 공간의 연결성에 대한 정보를 제공하기 때문에 isolated zone을 탐지하는데 이용될 수 있음. 노드로 표현되는 공간은 IndoorGML의 요구사항에 따라 중첩될 수 없으므로 IndoorGML 데이터는 분리된(겹치지 않는) 일련의 데이터 구조임. 따라서 Union-Find 알고리즘을 사용하여 공간의 연결성을 분석할 수 있음
- 먼저 NRS(Node-Relation Structure) 데이터에 따라 공간의 분할을 식별함. 각 엣지에 대해 tree에서 연결된 다른 엣지를 찾고, 연결된 엣지 트리를 Subzone으로 그룹화함. Subzone 중 출구와 연결되지 않은 부분이 isolated zone이 됨. Isolated zone 내에서는 긴급 상황 발생시 이용자가 대피할 수 없는 위험에 처해짐

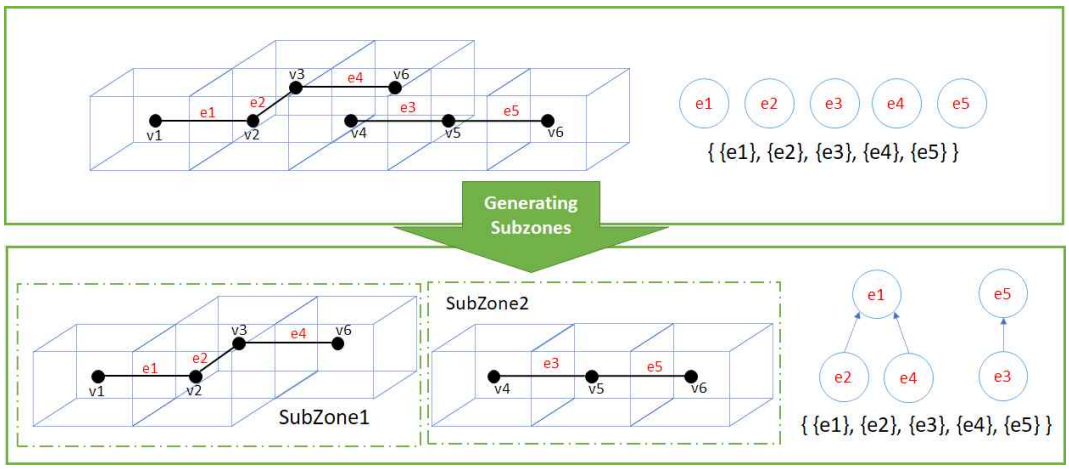


그림 435 Generating subzones from IndoorGML data

- 화재가 발생했을 때 원활한 대피와 일부 구역 차단을 위해 화재 지점의 노드 위치는 반드시 식별되어야 하며 실내공간 네트워크에서 제거되어야 함. 1차 처리된 네트워크 정보를 이용하여 subzone을 재구성 할 수 있으며, 새롭게 생성되는 isolated zone을 탐지할 수 있음
- 반대로 침입자 발생으로 의도적으로 특정 구역을 isolating해야 하는 경우에서도 동일한 과정이 수행될 수 있음

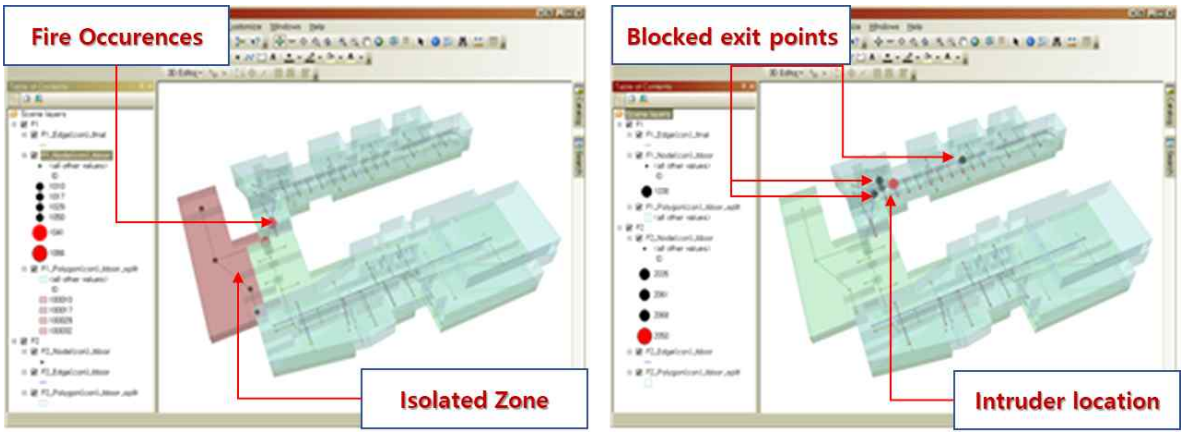


그림 436 Isolated zone application for a fire incident

☐ Subspacing 기술 개발

○ IndoorGML 생성을 위한 공간분할(Subspacing) 기술 개발

- 공간의 위상관계를 표현하는 Logical NRS(Node-Relation Structure)를 기하학적 속성을 포함하는 Geometric NRS로 변환하기 위해서는 공간의 기하학적 특성이 반영될 수 있는 subspace로 공간을 분할하는 공간분할(Subspacing) 기술이 필요함
- 공간분할에 영향을 주는 요소를 정의함
  · Indoor Space Functional Constraints: 복도, 계단실 등 실내공간의 기능적 제약
  · Indoor Space Semantic Constraints: 공간의 규모, 문의 개수 등 공간의 특징적 제약
  · Object Constraints: 가구 등 공간에 포함된 semi-movable 객체의 유무 여부에 따른 제약
  · Agent Constraints: 로봇, 싱글, 그룹 등 Agent의 특성에 따른 제약
- 아래 그림을 보면 Logical NRS에서는 복도 전체를 하나의 노드로 표현함. 방의 기하를 완전히 반영하기 위해서 복도는 세분화될 필요가 있다. 따라서 NRS에서는 복도를 여러 개의 노드를 가지고 있는 하나의 엣지로 표현한다.

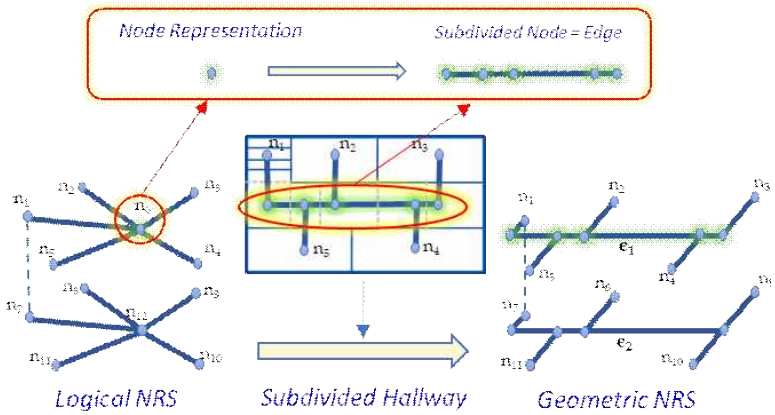


그림 437 공간분할 기법을 통한 Geometric NRS 생성 예시

- 동일한 공간을 좀 더 구체적으로 표현하기 위해 세분화하기 때문에 공간분할을 통해 거시적 수준에서 미시적 수준으로 sub-network를 생성한다. 스케일 수준을 정의하고 스케일간의 계층적 관계를 표현하는 방법을 제공하기 위해 실내 네트워크 데이터의 Level of Detail(LOD)를 설정하였다. Level 1은 빌딩 전체이며, 이는 층간의 네트워크를 표현한다. Level 2는 층 내의 구역을 하나의 노드로써 표현하고, Level 3은 각각의 방을 노드로 나타낸다. 마지막으로 Level 4는 가장 세분화된 네트워크로, 하나의 방 내의 단위공간(unit room)이나 subspace들을 노드로 나타낸다.

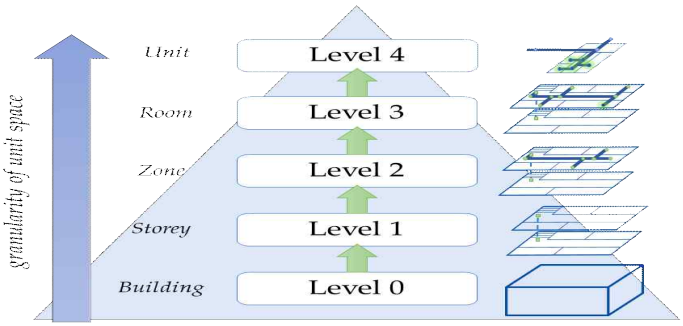


그림 438 실내 네트워크 데이터의 Level of Detail (LOD)

- 따라서 각각의 LOD 사양을 생성하기 위한 프레임워크를 제안한다. 이는 각 레벨에 대하여 적용 가능한 조건과 권장되는 공간분할 알고리즘을 기반으로 하는 계층적 공간 분류이다. 각각의 LOD를 생성하기 위한 적절한 레벨을 결정할 때 기능, 의미, 시설, 기관 면에서 제약을 고려하였다. 또한 프레임워크는 자유공간의 완벽한 분리를 위한 네트워크 생성 방법을 포함한다.

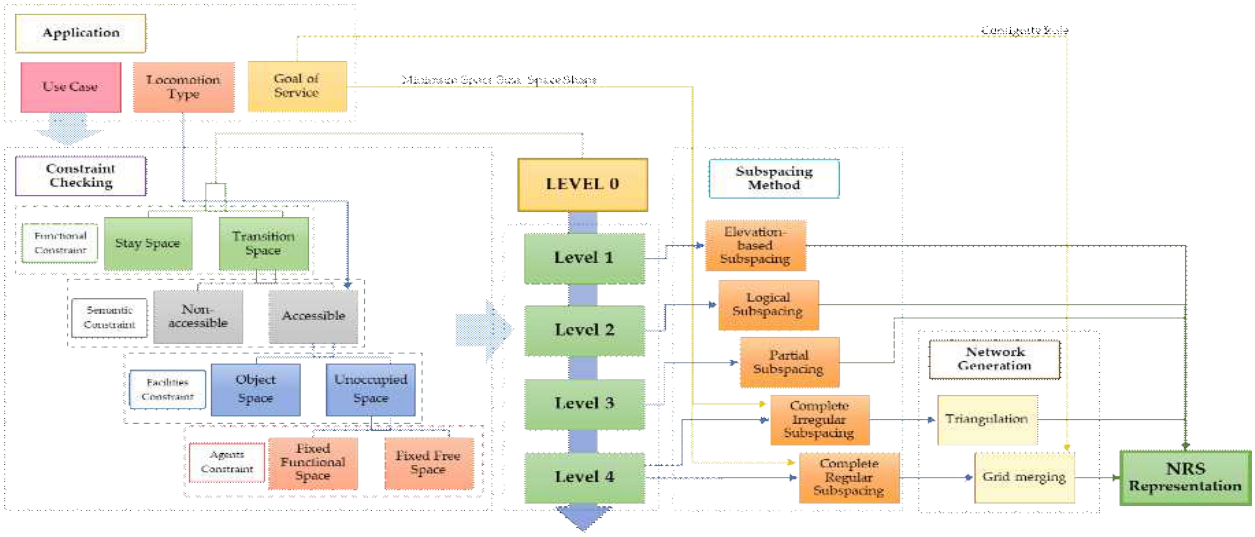


그림 439 계층적 실내 내비게이션 네트워크 생성을 위한 프레임워크

- 연구결과를 정리하여 SCIE급 논문 게재 성과도출 (2022.01.19.)

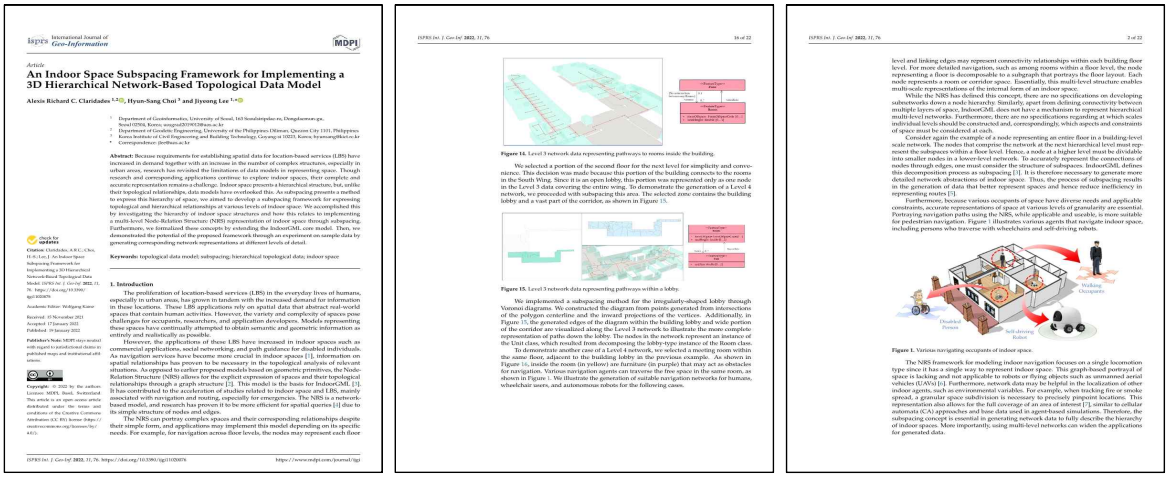


그림 440 3차원 네트워크 기반 공간분할기술 연구 논문 성과 (SCIE)

(6) 실내공간정보 활용 OpenAPI 설계 (공동2-3 개발)

□ 실내공간정보 LOD 자동변환 모듈

○ IFC LOD 변환: IFC 파일을 LOD 변환 처리하여 IndoorGML 파일로 제공

○ IndoorGML LOD 변환: IndoorGML 파일을 LOD 변환 처리하여 제공

○ 데이터 LOD 변환: Database에 저장된 IndoorGML 데이터를 LOD 변환 처리하여 제공

□ 실내공간정보 포맷 자동변환 모듈

○ 개요

- IFC 포맷의 파일을 IndoorGML 포맷으로 변환하는 API이며 각 층에 대해 IFC 객체 중 IndoorGML 을 구성하는데 필요한 객체를 선별하고 변환, 저장하는 기능을 포함
- 변환하고자 하는 IFC(2x3) 파일을 입력하고 IndoorGml-Zip파일을 리턴

○ IFC 등록

- IFC 파일을 읽어서 BIM server로 업로드
- 업로드 완료 후 file_name(project_name) 값을 반환

○ IFC 변환 추출

- BIM server로부터 IFC 데이터를 IndoorGML 다운로드
- 다운받고자 하는 대상에 대한 project_name을 필요로 함

□ 클라우드 기반 실내공간정보 공간 객체단위 저장/관리 기술

○ 개요

- indoorgml 파일을 입력받아 postgres DB에 스키마 구조별 저장 후 PK를 리턴
- indoorgml 파일 및 생성 후 리턴받은 PK를 활용하여 변경(Insert, Update, Delete) 처리 인터페이스를 제공
- 리턴받은 PK로 Select 인터페이스를 활용하여 indoorgml 파일을 download

○ 사용자 등록: 사용자 정보를 추가

○ 사용자 승인: 등록된 사용자에 대해 승인을 수행

○ 사용자 삭제: 등록된 사용자에 대해 삭제 수행을 처리

○ 사용자 수정: 등록된 사용자에 대한 부분 정보 수정을 수행

○ 사용자 상세: 특정 사용자에 대한 상세 정보를 조회

○ 사용자 목록: 등록되어 있는 사용자에 대한 정보를 조회하여 반환

○ 프로젝트 등록: 사용자에 대한 프로젝트 정보를 추가

○ 프로젝트 수정: 사용자에 대한 프로젝트 정보를 수정

○ 프로젝트 삭제(단일): 사용자에 대한 프로젝트 정보를 삭제(단일)

○ 프로젝트 삭제(전체): 사용자에 대한 프로젝트 정보를 삭제(전체)

○ 프로젝트 목록: 사용자에 대한 프로젝트 정보를 조회한다. project_id 정보가 있을 경우 특정 프로젝트에 대해 정보를 조회

○ 데이터 등록: IndoorGML 파일을 database에 저장한다. 저장이 성공이면, 저장된 IndoorGML에 대한 rootid 값을 반환한다. 등록하고자 하는 파일이 ifc인 경우, bim server plug-in 연계를 통해 IndoorGML 데이터 파일로 변환 처리 후, 데이터베이스 등록을 진행

○ 데이터 갱신: IndoorGML 파일에 대한 업데이트 작업을 수행. 데이터베이스에 저장된 IndoorGML 정보에 대한 rootid 값과 IndoorGML 파일을 입력 받고, 해당 IndoorGML 정보에 대한 데이터베이스 저장 값과 비교하여 업데이트를 수행

○ 데이터 복원: 데이터베이스에 저장된 IndoorGML 정보에서 이력 테이블을 기반으로 복원 기능을 수행

○ 데이터 추출: 데이터베이스에 저장된 IndoorGML 정보를 읽어 반환. 데이터베이스에 저장된 IndoorGML 정보에 대한 rootid 값을 기준으로 추출 프로세스를 수행하여, IndoorGML 정보를 반환. filter 값이 있을 경우, 해당 질의를 처리하여 추출

○ 데이터 추출(이력정보 기반): 데이터베이스 이력정보를 기준으로 해당 시점의 데이터 추출 기능을 수행. 만약 이력 정보의 변동 상태가 UPDATE_DIVISION, UPDATE_MERGE 일 경우에는 이력 정보를 통한 추출&복원 과정에서 UPDATE_DIVISION, UPDATE_MERGE에 대한 복원 정보를 파악한 후, 해당 이력 중 가장 먼저 발생된 이력 정보를 활용하여 추출&복원을 진행

○ 데이터 추출(프로젝트 단위): 프로젝트 단위의 필터 정보를 입력 받고, 이를 활용하여 데이터베이스에 저장된 IndoorGML 정보 단위별 필터를 적용하여 추출 후 반환

○ 데이터 질의: 부분 데이터 질의에 대한 검색 결과 미리보기 정보를 조회

○ 데이터 질의(프로젝트): 데이터 질의에 대한 검색 결과 미리보기 정보를 조회(프로젝트 단위)

○ 데이터 질의 정보 조회: 데이터 질의 처리를 위한 검색 조건 정보를 반환

○ 데이터 삭제: database에 저장된 IndoorGML 정보에 대한 삭제 프로세스를 수행

- 삭제 대상에 대한 IndoorGML 정보의 rootid 값을 인자로 받음
- 삭제된 데이터는 history 정보로 저장

○ 데이터 삭제(Purge): database에 저장된 IndoorGML 정보에 대한 삭제 프로세스를 수행

- 삭제 대상에 대한 IndoorGML 정보의 rootid 값을 인자로 받음
- 데이터를 포함하여 history 데이터까지 모두 삭제 처리

○ 데이터 목록: 데이터베이스에 등록된 IndoorGML에 대한 전체 또는 상세 조회 기능을 제공

○ 데이터 수정: 데이터베이스에 등록된 IndoorGML에 대한 doc_name 정보를 변경

○ 이력 목록: database 이력 정보에 대해 조회

(아) 2-3 공동 (㈜올포랜드)

연구범위	연구 수행 방법 (이론적・실험적 접근방법)	정성적 연구개발성과
(D) 실내공간정보 관리 지능화 요소기술 개발	(4-1) 수준별 경량화 기술 개발	- 수준별 경량화 연구 비교 분석서 - 세밀도 데이터 생성을 위한 경량화 방안 조사 - CityGML 2 CityJSON LOD4 지원 컨버터 개발 - CityGML 2 CityJSON 변환 모듈 테스트 및 검증
	(4-2) LOD 및 포맷자동변환 기술 개발	- LOD 및 포맷변환 연구 비교 분석서 - 대상 데이터 포맷 관련 선행 연구 조사 - 데이터 포맷 변환 기능 개발 - 웹환경 CityGML to 3DS/OBJ 변환 기능 개발 - 수요 서비스별 LOD 자동변환 기술 개발 - IndoorGML중심의 데이터 포맷 변환 기능 구현
	(4-3) BIM기반 데이터 컨버터 기술 개발	- 실내공간정보 관리 지능화 요소 기술 정의서 - IFC 데이터 포맷 관련 선행 연구 조사 - IFC 데이터 IndoorGML 변환 선행연구 조사 - IndoorGML 객체 생성을 위한 IFC 객체 선별 - IFC2IndoorGML 컨버터 개발
(E) 클라우드 기반 실내공간정보 관리 서비스(PaaS) 개발	(5-1) 클라우드기반 실내공간정보 관리 서비스 기술 개발	- 클라우드 운용환경 설계 및 구축 - 클라우드 운용환경을 위한 DB 및 시스템 설계 - 클라우드 개발 관련 오픈소스 조사 - IndoorGML 객체 저장, 관리 기법 설계 및 개발 - 부분 데이터 갱신 및 시계열 이력 관리 기능 개발 - 실내공간 LOD 기준에 맞춘 실내공간정보 3D Tiling 모듈 개발 - 자체 클라우드 서비스를 위한 IaaS 및 PaaS 구축 완료 - 1단계에서 개발한 요소기술들을 REST API로 개발 및 PaaS상에서 구동되는 실내공간정보 저장/관리를 위한 앱 서비스 개발완료 - 실내공간정보 좌표변환 가능하도록 기능 추가 구현 완료 - 포인트 클라우드 및 CityGML 등 원천 데이터를 저장할 수 있는 구조 설계 - 실내공간에 대한 LOD 변환 도구 추가 구현 완료 - 외부검증기관을 통한 구축된 시스템에 대한 검증 완료

[2-3공동] 실내공간정보 저장 및 관리 지능화 기술 개발

(1) 수준별 경량화 기술 개발

- CityGML를 이용하여 해당 데이터의 LOD수준을 떨어뜨리지 않고 데이터를 경량화 하기 위한 기술을 개발
- 이를 위하여 다양한 경량화 기술 (압축, 기하정보 간략화, 포맷 최적화)에 대하여 테스트를 수행하였으며, CityGML데이터를 CityJSON으로 변환하여 활용할 수 있도록 CityGML 2 CityJSON 컨버터를 개발함
- 기존의 CityJSON의 경우 실내공간정보를 표현하는 CityGML의 LOD4 수준을 처리할 수 없었으므로 본 연구개발을 통해 LOD4 수준의 CityGML 데이터를 CityJSON으로 변환할 수 있도록 개발함

☐ CityGML 2 CityJSON LOD4 지원 컨버터 개발

1) CityJSON 구조 분석

- CityJSON 구조 분석을 수행하였으며,본 연구에서는 전체 오브젝트 태그 중, 건물 태그를 중점으로 변환을 구성하였음
- CityJSON 태그 계승표를 기반으로 CityGML과 CityJSON의 태그 구성을 비교하였으며, 그 대상은 CityOBjects, Building, BuildingPart, BuildingInstalation, Geometry Object, Texture임

표 150 CityJSON 태그 계승표

1레벨	2레벨
Building	BuildingPart, BuildingInstallation
Bridge	BridgePart, BridgeInstallation, BridgeConstructionElement
CityObjectGroup	없음
CityFurniture	없음
GenericCityObject	없음
LandUse	없음
PlantCover	없음
Railway	없음
Road	없음
SolitaryVegetationObject	없음
TINRelief	없음
TransportSquare	없음
Tunnel	TunnelPart, TunnelInstallation
WaterBody	없음

- 태그 구성 비교를 기반하여 변환 모듈 처리 구성도를 정의하였으며, 그 과정은 다음과 같음

① CityGML 파일을 읽고 GML Parser를 이용해 Common Object 형태로 변환

② LOD Inspector 모듈을 이요해 대상 데이터의 LOD 판단 및 속성 추출

③ 분류기를 통해서 Geometry 데이터를 각 요소 배열로 추출

④ 추출한 요소들의 배열을 CityJSON 포맷 형식에 맞게 재배치하고 JSON 형태로 변환

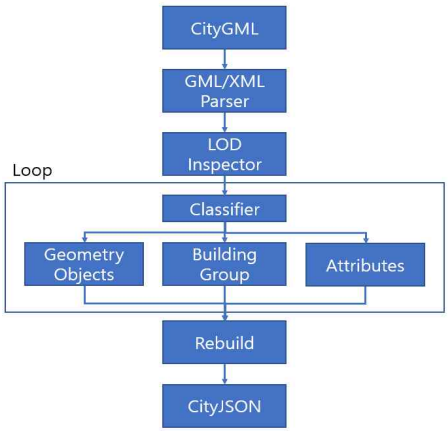


그림 441. CityGML 2 CityJSON 변환모듈 구성도

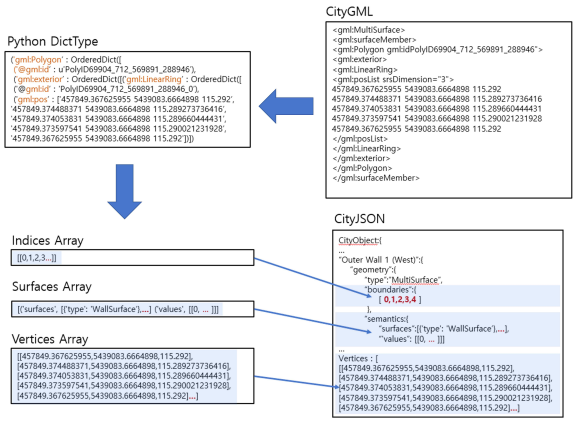


그림 442 모듈 처리 구성도 Loop 로직 도식화

- CityGML 파일을 CityJSON 형태로 변환하기 위해 XML Parser를 이용하여 오브젝트화하고, 이후 원하는 형태로 재구성하는 과정을 거침

2) 변환 모듈 구현 및 적용

- 정의한 구성도를 기준으로 변환 모듈을 구현하였으며, 샘플 데이터와 평창역 데이터를 대상으로 변환을 수행하였음



그림 443. CityGML 평창역 데이터



그림 444. CityJSON 변환 결과

3) LOD4 지원 기능 개발

- CityJSON(0.8v)에서는 아직 LOD4를 지원하고 있지 않으므로, LOD4 모델이 입력되지 않음. 따라서, LOD4 입력을 위한 JSON 스키마 정의를 수행함
- CityJSON의 경우 LOD4 레벨에 속하는 Room, InteriorRoom 타입을 읽지 않고 있으므로, Semantics 타입 그룹 개선을 수행함
- Semantics 타입 그룹 중, InteriorRoom에서 사용하는 Boundary Surfaces 타입이 없으므로 추가하는 방안을 고려하여 적용하였음

표 151 CityJSON의 Boundary Surfaces 지원 현황 및 개선안

Surfcae Type	현재	개선안
RoofSurface	O	O
GroundSurface	O	O
WallSurface	O	O
ClosureSurface	O	O
OuterCeilingSurface	O	O
OuterFloorSurface	O	O
Window	O	O
Door	O	O
FloorSurface	X	O
InteriorWallSurface	X	O
CeilingSurface	X	O
ClosureSurface	X	O

- CityJSON 0.8 버전의 구성은 Semantics 개념(ISO 19109)과 Geometry 개념(ISO 19107)을 섞어서 사용하고 있기에 2~3레벨 사이의 Semantic 태그는 생략하고 있음. 즉, InteriorRoom과 Room은 추가하지 않아도 Lod4Solid 태그로 활용이 가능하기 때문임

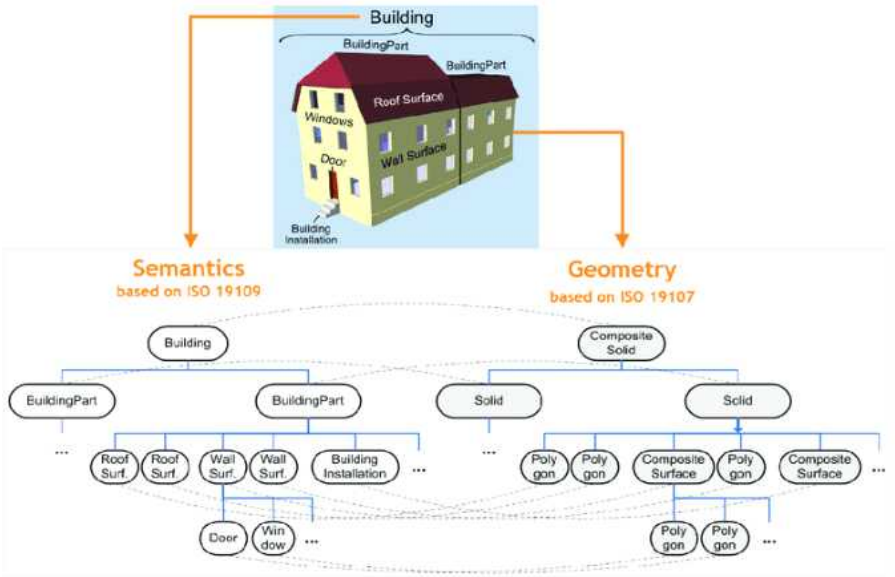


그림 445. Building의 속성별 계층 구성

4) CityGML 2 CityJSON LOD4 모듈 구현 및 적용

- 개선안을 적용하여 변환 모듈을 구현하였으며, 평창역 데이터를 대상으로 변환을 수행하였음
- 개발된 CityJSON for LOD4 모듈을 CityJSON 개발자 Github에 submit 하여 본 연구를 통해 개발된 모듈을 공개하였음

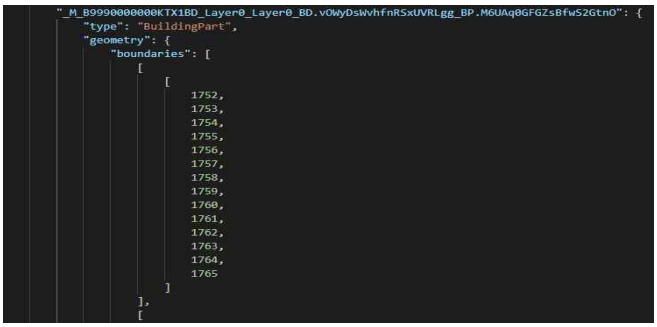


그림 446. 평창역 LoD4 CityJSON Boundaries

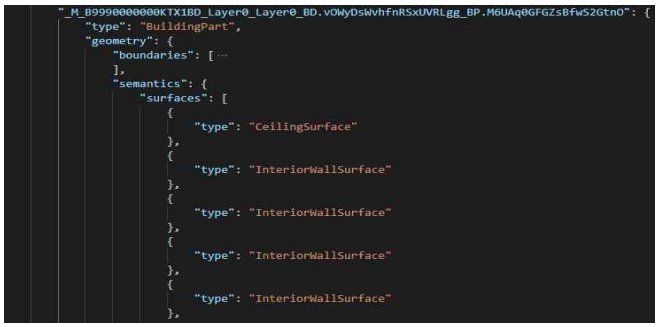


그림 447. 평창역 LoD4 CityJSON Surfaces

□ 경량화 모듈 적용 결과

- 4개의 샘플 데이터를 대상으로 적용한 결과를 통해 평균 53.25%의 경량화율을 기대할 수 있음
- 샘플 데이터 별로 경량화율의 편차가 큰 것을 확인할 수 있는데, 이는 CityGML의 레퍼런스에 맞춰 데이터를 제작하지 않았기 때문임
- 구체적으로, (평창역) 다수의 반복되는 태그의 경우 크게 감소하는 경향을 보였으며, (평창 아이스아레나) MultiSurface 태그가 대량으로 정의된 경우 경량화율이 떨어지는 것으로 나타났음

표 152 CityJSON 변환 전, 후 경량화율

명칭	CityGML(KB)	CityJSON(KB)	경량화율
평창역	1,878,396	234,226	87%
롯데몰 일부	28,516,450	15,847,801	45%
평창 아이스아레나	10,859,313	8,234,724	25%
CityGML 레퍼런스 샘플	290,154	129,527	56%

(2) LOD 및 포맷자동변환 기술 개발

□ 실내공간정보 포맷 자동변환 모듈 개발

1) 사전 연구

- 상용 프로그램인 FME Data Inspector와 3DCityDB Importer/Export의 KML, COLLADA, glTF Export를 각각 비교하여 수행함
- 비교를 위해 사전 연구 대상 CityGML 파일을 선정하여 변환 과정을 통해 비교 분석하였음

표 153 사전 연구 대상 CityGML 파일의 Feature 구성

Building	Building Installation	Building Part	Ceiling Surface	CityModel	합계
1	432	5	3,069	1	3,508
Closure Surface	**Door**	**FloorSurface**	**Ground Surface**	**Interior WallSurface**	
1,039	2,330	3,073	5	24,281	30,728
RoofSurface	**Room**	**WallSurface**			
5	3,073	1,328			4,406
					38,642

- 포맷 변환에 앞서 CityGML 포맷을 유지하면서 3DCityDB를 사용하여 Import 및 Export를 수행하여 원본파일과의 차이 비교 분석 수행하였음

표 154 CityGML 파일 원본과 Exported 파일 비교

구분	원본 CityGML	Exported CityGML
파일 크기	253MB	183MB
Line 개수	3,247,881	2,801,375
Feature 개수	38,642	38,642

- 그 결과, 원본의 구조는 그대로 유지하며 pos태그가 posList 태그로 변경되는 등 변경이 있었으

나 Feature 개수의 변동은 없었음. 그에 반해 Line 개수가 줄어 드는 것을 확인할 수 있었음

- Line 개수가 줄어듬에 따라, 파일의 크기도 감소하는 것을 확인할 수 있었음



그림 448 원본 CityGML



그림 449 변환된 CityGML

- KML의 경우 FME는 하나의 KML 파일에 모든 Geometry 정보가 들어있지 않고 Feature의 개수 만큼 만들어진 COLLADA 파일을 참조하는 형태로 KML이 생성됨
- 3DCityDB는 총 5개 Feature 속성으로 나누어져 있고 하나의 KML 파일에 모든 Geometry를 포함함. 여기서 Feauture의 속성은 RoofSurface, CeilingSurface, FloorSurface, InteriorWallSurface, WallSurface임

표 155 KML 파일 비교

구분	CityGML 원본	CityGML – 3DCityDB	KML – FME	KML – 3DCityDB
파일 크기	253MB	183MB	123.2MB	70.8MB
파일 개수	1	1	38,639	1
Feature 개수	38,642	38,642	38,642	5

- COLLADA 포맷의 경우 FME는 CityGML의 클래스별로 파일을 생성하여 38,639개의 파일을 생성하였고, 3DCityDB는 KML파일과 COLLADA파일 각각 1개씩 생성되었음
- 육안으로 보았을 때 두 변환 결과물 모두 문제가 없었으나, FME로 변환된 COLLADA 파일의 경우 Door, Room과 같은 클래스 별로 구분되어 3DCityDB에 비해 상대적으로 가시적이었음

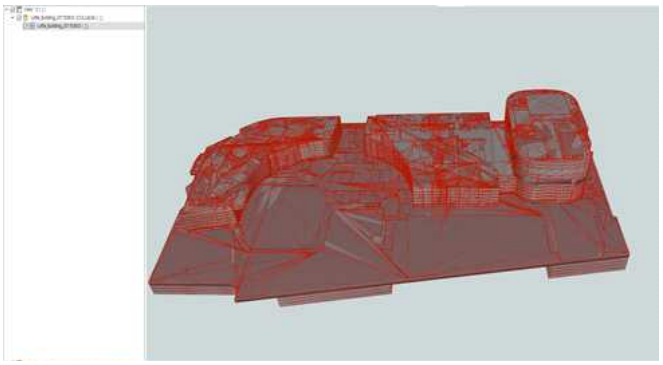


그림 450 COLLADA-3DCityDB 변환 결과

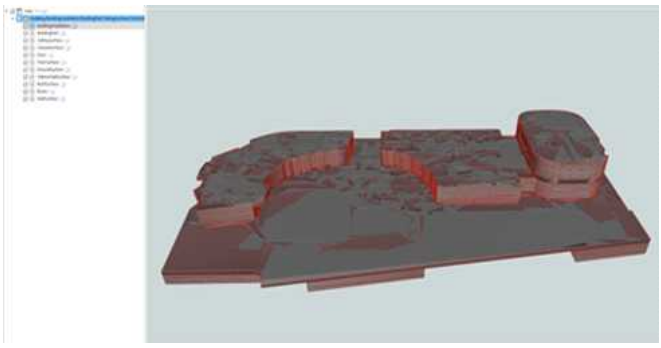


그림 451 COLLADA - FME 변환 결과

- glTF 포맷의 경우 FME와 3DCityDB 모두 동일하게 하나의 glTF 파일이 생성되었으나, FME를 통해 변환된 glTF 포맷의 경우 뷰어 상에서 일부 Geometry가 보이지 않는 문제가 발생하였음
- 3DCityDB로 변환된 glTF의 경우에는 3D Object가 정상적으로 표출되었음

□ 실내공간정보 LOD 자동변환 모듈 개발

- LOD 자동변환 기술은 3개의 독립적인 모듈로 나누어져있으며, 각 모듈별 입력한 레벨에 따라 LOD 자동변환을 수행하였음
- 완성된 계층 단순화, 의미 단순화, 기하 단순화 자동 변환 모듈을 동시에 적용할 수 있는 서비스를 제공하기 위해 모듈 통합을 수행하였음
- 개발된 실내공간정보 LOD 자동변환 기술을 활용가능하게 REST API로 제공하도록 개발함

1) 사전 연구

① 계층 단순화

- Building을 구성하는 여러 가지 단계로 나누어 계층 레벨을 정의할 수 있음
- 계층 단순화는 계층 레벨에 따라 진행하며 계층은 Building - Annex - Floor - Zone - Space 순으로 정의됨

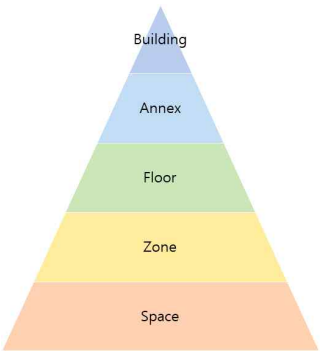


그림 452. Building의 계층 분류

- Annex : Building에서 수직적으로 나누어진 공간을 의미하며, 이는 물리적으로 공간을 나눌 수 있을 때 분리하는 것이 가능함
- Floor : Annex에서 수평적으로 나누어진 공간을 의미함. 이는 물리적으로 공간을 나눌 수 있을 때 분리하는 것이 가능함
- Zone : Space들을 위치상 혹은 의미상으로 그룹화가 가능할 경우, 이를 그룹화한 특정 지역을 의미함
- Space : 공간을 이루는 최소 단위임

- 계층 단순화 기법을 추가적으로 조사 연구함
- Building에 포함된 각 Building, Section, Storey, Zone, Space 순서로 계층을 정의하였음
- Building에 포함된 각 Space는 각 Section, Storey, Zone, Space의 번호가 입력되어야 하며, 이 정보를 기반으로 같은 계층에 속한 Space는 하나의 Space로 병합을 수행함

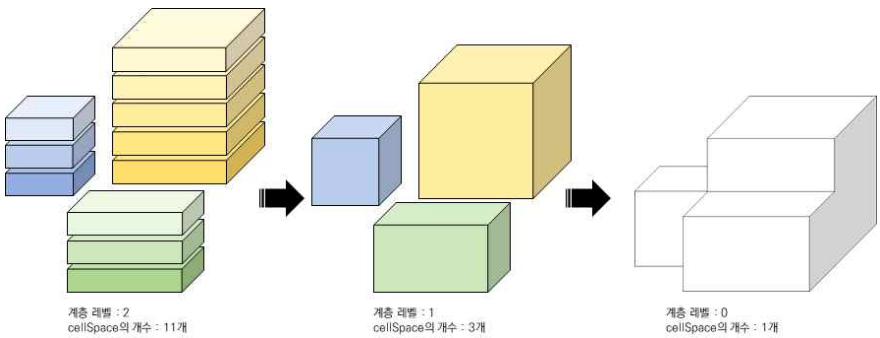


그림 453. 계층 단순화

② 의미 단순화

- 의미 단순화는 Space가 가지고 있는 속성에 따라 레벨을 분류하며, 속성은 필수적으로 가지고 있어야 할 Basic 속성과 그렇지 않은 Non-basic 속성으로 분류됨
- 분류의 기반은 속성의 등장 빈도가 기준이며, 등장 빈도는 Space에 해당하는 여러 개의 Room에 대해 각각 필요한 속성을 파악함

표 156 Space 의미 레벨 분류 제시

구분	속성	빈도
Non-basic	색상	2
	크기	2
	전화번호	4
	종류	4
	층	6
	공간 번호	6
Basic	ID	8
	Geometry	8

- 높은 의미 레벨에서는 많은 속성을 가진 Feature만 표현되며, 낮은 레벨에서는 적은 속성을 가진 Feature들도 표현됨
- 많은 속성을 가진 Feature는 그대로지만 중요한 속성만 표현됨

③ 기하 단순화

- 기하 단순화는 Space와 실내에 존재하는 Feature를 대상으로 수행하는 기하 단순화, 기하에서 불필요한 요소를 제거하여 vertex를 대상으로 수행하는 기하 최적화를 동시에 추구함
- Space의 경우 밑면을 중심으로 단순화 수행. 단수화 수행 시 Concave한 영역이 Convex한 형태로 단순화되면서 최종적으로 bbox 형태로 단순화됨
- Feature의 경우 3D 기하 단순화 알고리즘이 필요함. 최상의 레벨에서는 원본 모델이며, 레벨이 낮아질수록 기하학적으로 단순해지며 최하의 레벨일 경우 1개의 입방체로 단순화되어 표현됨

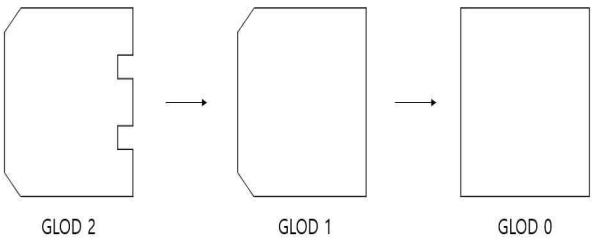


그림 454. Space의 기하 단순화

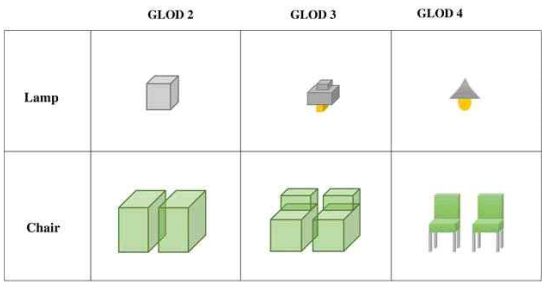


그림 455. Feature의 기하 단순화

- 목표하는 방법론인 여러개의 입방체로 변환시키는 기본 알고리즘은 다음의 과정을 수행함
- 물체의 3차원 좌표(x, y, z)의 최대, 최솟값으로 입방체를 만들고, 입방체를 3차원 좌표방향으로 N 등분하여 n^3 개의 입방체의 집합으로 변환. 이 때, 입방체 집합과 물체를 겹쳐놨을 때 물체에 닿는 입방체들만 존재하도록 수행
- 기본 알고리즘을 적용 결과, 2가지 문제점이 발생함. 불필요한 polygon, vertex가 입방체 사이에 존재하게되며, 기하가 x, y축에 평행하지 않는 곡선 혹은 대각선일 경우 결과가 반듯하지 않음

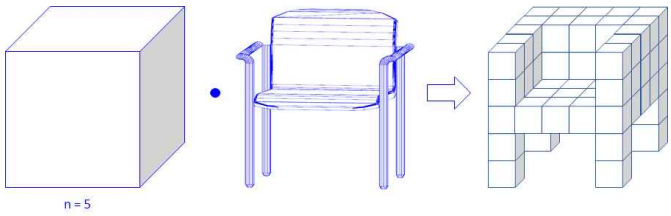


그림 456. 기하 단순화 기본 알고리즘

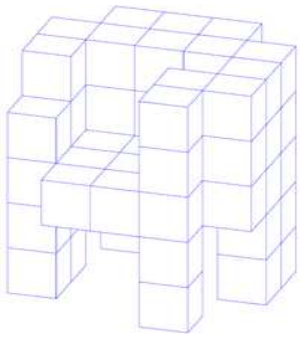


그림 457 적용 결과

- 본 문제를 해결하기 위해 기하 최적화 및 형상 최적화를 적용하였음.
- 기하 최적화 수행 과정은 다음과 같음. 기하에서 불필요한 요소를 제거하여 vertex 개수를 줄이는 과정을 수행함

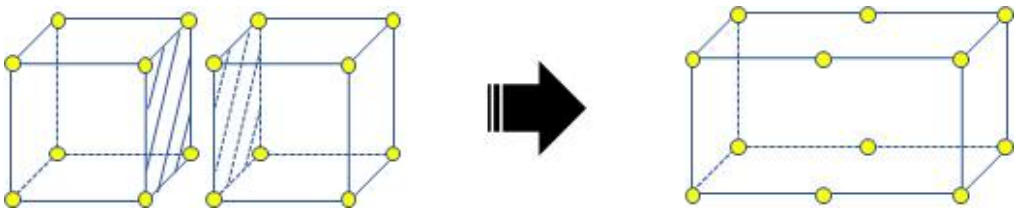


그림 458. 인접하는 각 Cube를 비교하여 동일한 기하정보를 가지는 face 제거

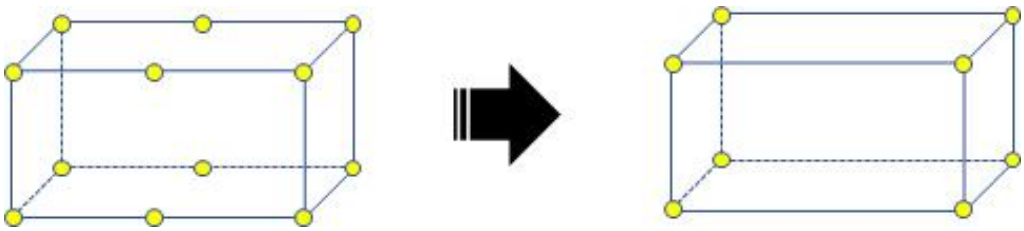


그림 459. 동일선상에 존재하는 Vertex 제거

- 형상 최적화 수행 과정은 다음과 같음. x, y축과 평행하지 않은 기하의 형상을 반듯하게 변화시키는 과정을 수행함

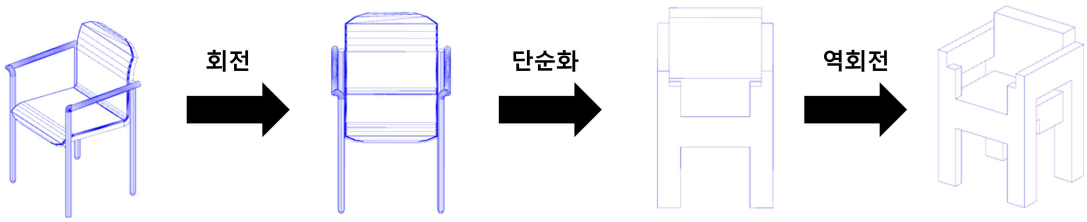


그림 460. 형상 최적화 방법론

- 형상 최적화 방법론을 적용하기 위해서는 사전에 회전 각도 정의가 필요함. 따라서, 다음과 같이 각도를 회전시키며 대상 기하를 2D화 시킨 도형에 대한 bbox 넓이가 가장 작을 때의 회전각을 기하 전체의 회전각으로 선정함

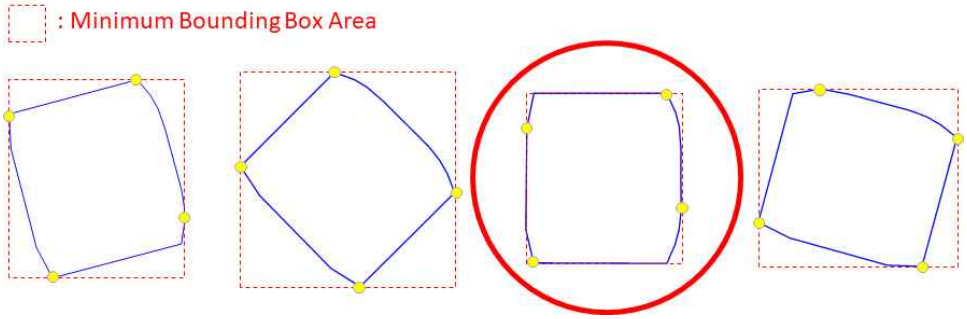


그림 461. 기하의 회전각도 추출 방법론

- State가 존재하는 cellSpace를 기존 방식으로 단순화를 적용하면, node-edge 관계의 오류가 야기되므로 space를 위한 새로운 단순화 방식이 필요함
- Space는 각 Space를 통과하기 위한 navigable boundary가 존재하는데, 기존 기하 단순화 방식은 단순히 형상에 대한 단순화 만을 고려함. 따라서, navigable boundary와 단순화된 surface가 매칭되지 않는 경우를 고려한 단순화 방식이 필요함
- 단순화를 위한 Space 밑면과 보존이 필요한 navigable boundary를 추출하고, 밑면의 불필요한 점을 제거함. 그 후, 해당 밑면을 기존 Space의 높이만큼 Extrude를 수행함

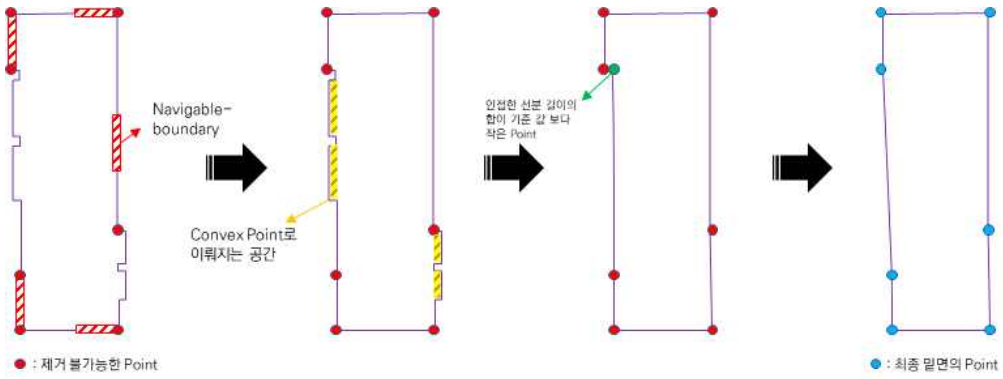


그림 462. space 단순화 불필요한 점 제거 과정

- 적용 결과, Space 모양이 일반적인 방의 형태인 사각기둥 형태일 경우 Space 단순화 효과가 상대적으로 미미한 것을 확인할 수 있음. 반대로, 단순화 대상이 많을 경우 대부분의 방이 단순화된 모습으로 보통 기둥 자리처럼 non navigable한 부분들이 단순화된 것을 확인할 수 있음
- Vertex 개수가 744개에서 606개로 감소하였으며, 약 18.5%의 단순화 결과를 보였음

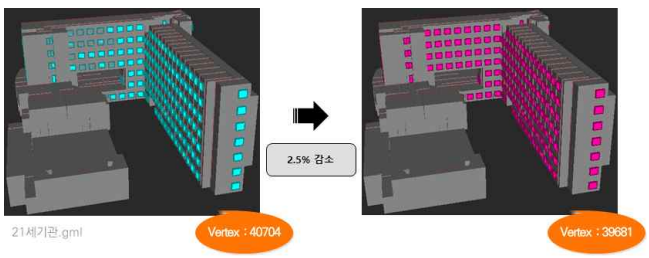


그림 463. space 단순화 결과1

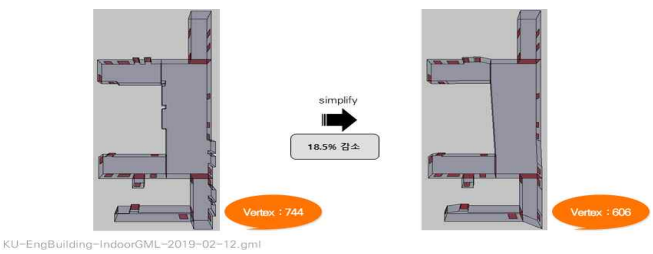


그림 464. space 단순화 결과2

2) 개발 결과

- 완성된 계층 단순화, 의미 단순화, 기하 단순화를 동시에 적용할 수 있는 서비스를 제공하는 것을 목표로 하였으며, 제시된 3가지 단순화가 동시에 적용되는 방식으로 적용함

- 단순화 모듈 통합 및 클라우드 연동을 수행하였음. 개발된 주요 기능들은 모두 REST API로 제공함

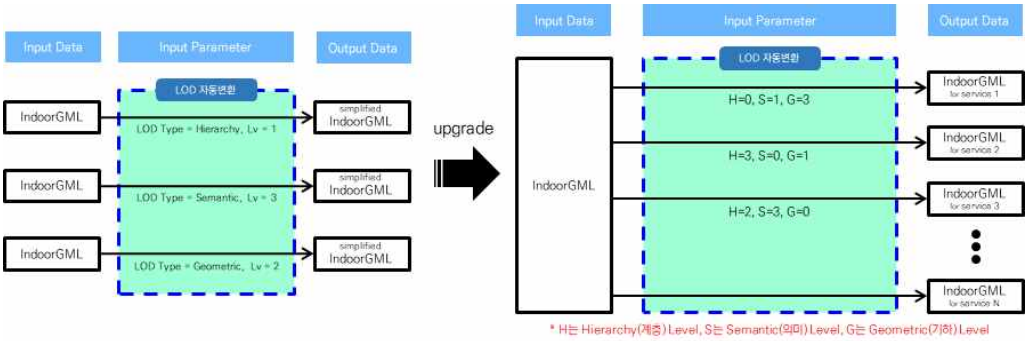


그림 465. 단순화 모듈 통합

(3) BIM기반 데이터 컨버터 기술 개발

- BIM기반 데이터 컨버터 기술 개발에 앞서, IFC 데이터에서 IndoorGML 생성 연구를 수행하였음
- 사전 연구조사를 통해 최종적으로 건물 내부 객체로서 IfcFlowTerminal과 IfcFurnishElement, IfcStair를 추출하는 것으로 결정하였음

표 157 최종 결정 IFC-IndoorGML 매핑 테이블

Module : Core Module (Dual Space)					
대분류	**중분류**	**소분류**	**설명**	**To IndoorGML**	**비고**
IfcElement	BuildingElement	Opening Element	window/Door의 공간	CellSpace/ CellSpace Boundary	실내공간
		Stair	계단		
	FurnishingElement	Furniture	가구	CellSpace	이동 제약 객체
	DistributionElement	Flow Terminal	분배 시스템 말단	CellSpace	이동 제약 객체
IfcSpatialStructureElement	IfcSpace	Space	공간	CellSpace	실내공간

☐ IFC2IndoorGML 컨버터 개발

○ 선별한 IFC 객체의 기하정보를 추출하여 IndoorGML로 매핑하도록 설계되었으며, 본 연구에서는 객체의 기하뿐만 아니라 객체들 간의 관계도 표현할 수 있도록 하였음

- IFC 객체들로부터 기하정보를 추출하여 IndoorGML Core Module의 PrimalSpaceFeatures를 제작하였음. 각 IndoorGML 객체는 이후 Multilayered Graph로 변환될 수 있으며 state-transition 관계는 본 연구에서 제하였음
- PrimalSpaceFeatures는 CellSpace와 CellSpaceBoundary로 구성되어 있으며 IndoorGML 1.0 스키마에서 제공하는 노드에 맞춰 변환을 진행하였음
- IFC 변환 과정으로 객체의 기하정보를 읽어 TIN으로 변환한 후 IndoorGML에서 사용할 수 있도록 가공하는 과정을 거쳐 기하 정보를 추출하였음
- 구체적으로, 같은 평면에 존재하면서 인접한 삼각형들끼리 병합하는 과정을 거쳐 최종적으로 B-rep 형태의 기하를 제작하였으며 CellSpace노드 아래에 GML 표현방식에 따라 정보를 입력함

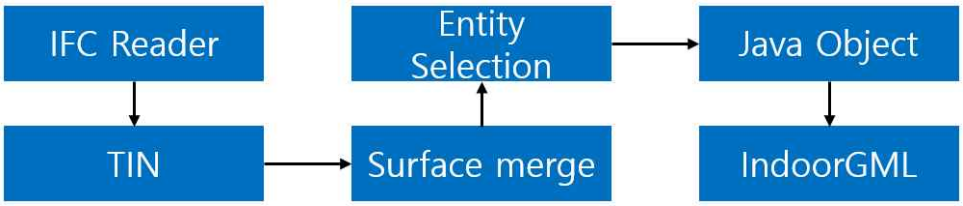
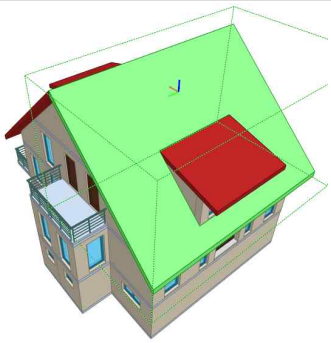
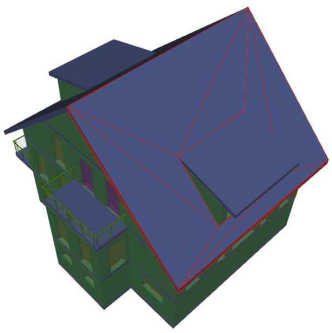
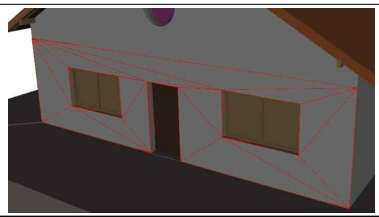


그림 466. 변환 프로세스

- JAVA 기반으로 개발하였으며, IfcPlugin과 IfcSTEP2WKT 엔진이 사용되었음. IFC 속성과 객체들 간 관계 추출을 위해 IfcPlugin을 사용했으며, 객체들의 기하정보를 TIN 형태로 변환하기 위해 IfcSTEP2WKT를 사용하였음

표 158. IFC로부터 TIN surface 추출

모델	IFC	WKT TIN
AC9R1-Haus-G-H-Ver2-2x3		
AC11-FZK-Haus-IFC		

- 실내 이동에 제약을 주는 객체인 FunishingElemnt와 FlowTerminal 이외에 실제로 물리적인 공간을 구성하는 객체들을 선별하였음
- 해당 객체들의 기하는 분리되면 곧바로 사용되거나 별도의 처리를 거쳐야 하며 특히 수직 이동을 담당하는 객체인 IfcStair에 대한 처리가 필요함

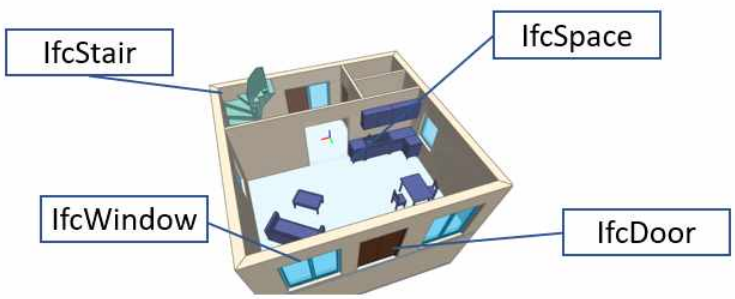


그림 467. 물리적 공간을 나타내는 IFC 객체 추출

- IfcSpace는 가장 쉽게 변환할 수 있는 객체이며 단순히 기하 정보를 추출하여 B-rep 형태로 변환하는 방식을 채택함. 대부분의 기하는 제작 당시에 SweptSolid로 구성되어 있지만 TIN으로 변환되는 과정에서 표면에 대한 기하가 생성되며 GML의 Geometry3D 서술 방식에 따라 표현함

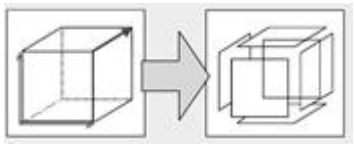


그림 468. Sollid to B-rep

- OpeningElement는 IndoorGML에서 Space와 Space, 또는 Space와 건물 밖을 연결하는 공간으로 변환되며 문과 창문 등의 객체와 달리 복잡한 기하를 처리하지 않아도 되기 때문에 IfcSpace와 마찬가지로 B-rep 형태로 변환하였음. 또한 IndoorGML에서는 해당 공간에 대해 특별히 CellSpaceBoundary를 정의하여 통행 가능한 속성을 부여하는데 본 연구에서는 IFC로부터 IndoorGML Core Module을 생성하는 것을 목적으로 하지만 특별히 CellSpaceBoundary의 navigable 여부를 판단하여 향후 Core Module에서 MultilayerdGraph를 생성할 때 도움이 되고자 함

- 공간 객체 간 통행 가능 여부는 OpeningElement를 기준으로 양쪽 또는 한쪽에 공간을 나타내는 CellSpace와 맞닿는 것으로 판단하며 3차원 공간에서 공간 Intersection 분석을 수행하였음. 특별히 제약조건이 존재하지 않으면 기하학적으로 연결된 객체는 통행 가능하다고 간주하여 navigable 여부를 속성으로 추가하였음

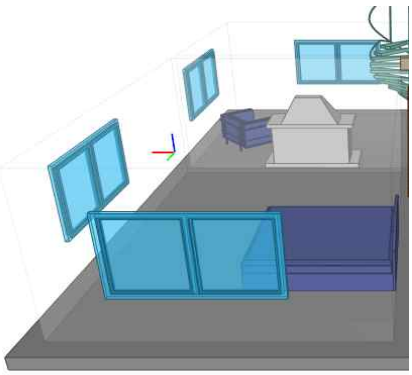


그림 469. 창문, 문

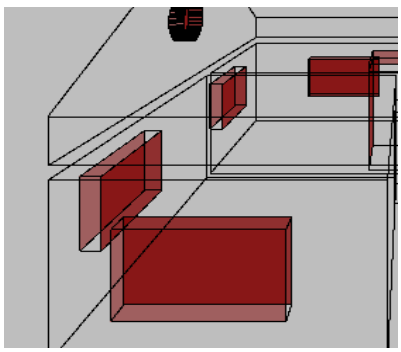


그림 470. OpeningElement &navigable boundary

- 본 연구에서는 계단 객체를 처리하기 위해 모든 계단은 IfcSpace에 포함되어 있다고 가정하였음. 먼저 계단의 기하 정보를 추출하였으며 bounding box를 생성한 뒤 둘러싸고 있는 space와 3D intersection을 수행하여 범위를 한정함. 그리고 해당 계단이 위치한 층의 바로 위층의 높이를 계산하여 계단 객체의 높이를 결정한 뒤 space에서 계단으로 접근할 수 있는 boundary를 추출하여 space와 계단을 분리하였음. 최종적으로 생성된 계단 객체는 주변의 IfcSpace 객체가 차지하던 CellSpace의 일부를 잠식한 형태로 표현됨

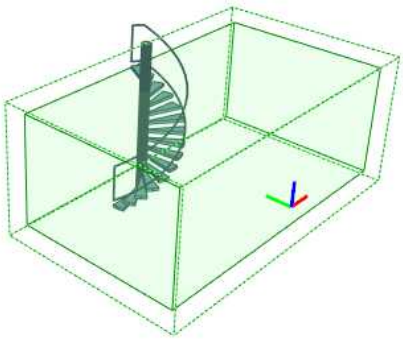


그림 471. 단순한 형태의 계단 space

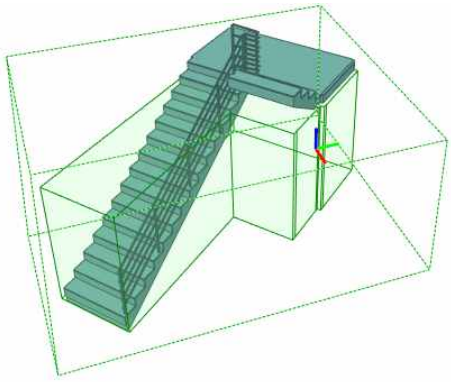


그림 472. 복잡한 형태의 계단 space

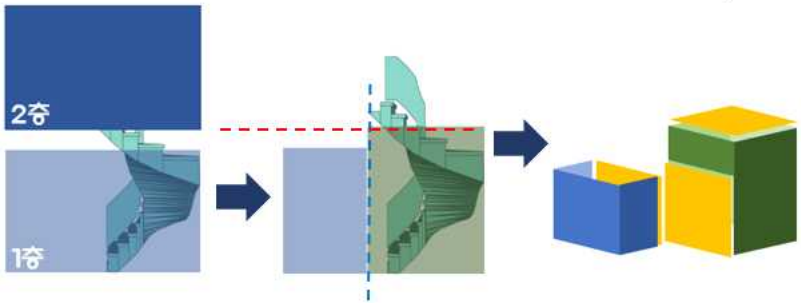


그림 473. 계단으로부터 CellSpace, Navigable Boundary 생성

- IFC 객체로부터 추출한 기하 정보는 Java 객체에 저장되어 있으며 해당 객체를 가공, 수정하여 최종적인 IndoorGML 파일을 생성할 수 있음. Java 객체는 B-rep 형태에 맞게 Body - Polygon - Point Class 형태로 정의되어 있으며 각각 객체 - 객체를 둘러싸고 있는 면 - 면을 구성하는 꼭짓점에 대한 좌표에 대한 정보를 저장하고 있음

○ 변환 결과

- 물리적 공간 객체

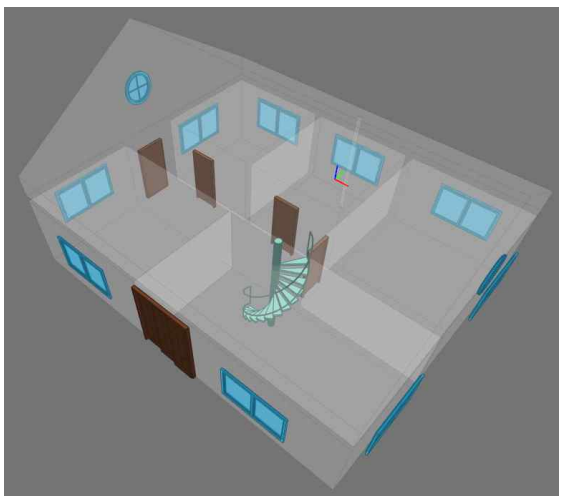


그림 474. 물리적 공간에 대한 IFC 객체

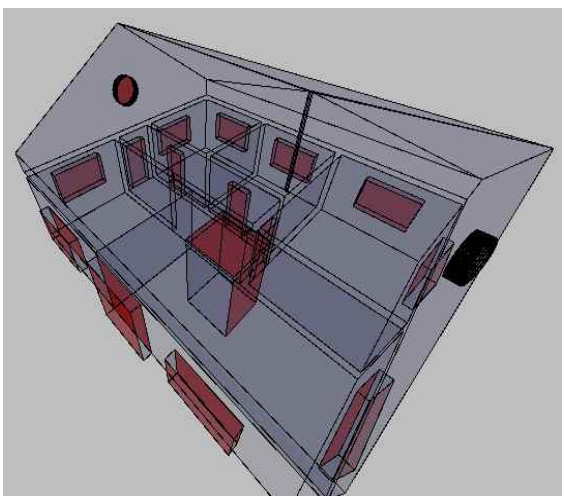


그림 475. 생성된 IndoorGML 객체1

- 이동 제약 객체(FurnishingElement, FlowTerminal)

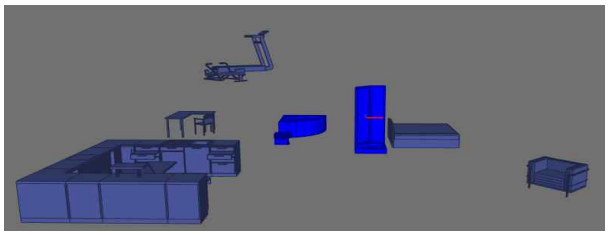


그림 476. 이동에 제약을 주는 IFC 객체

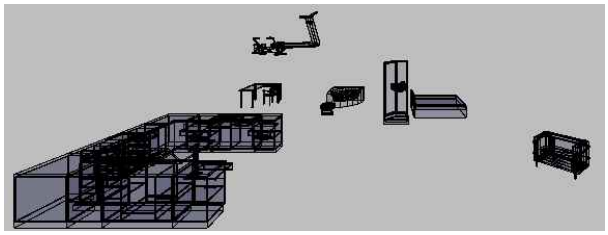


그림 477. 생성된 IndoorGML 객체2

□ val3dity를 활용한 데이터 검증

- IFC 데이터를 IFC2IndoorGML 모듈을 이용하여 IndoorGML 데이터로 변환 후 데이터의 유효성 검사를 위해 val3dity를 사용함

- IndoorGML 데이터를 val3dity에 올리면 객체들의 유효성 검사를 하고 문제가 없으면 아래 그림과 같은 결과를 확인할 수 있음



그림 478. val3dity를 이용한 유효성 검사

- 기존 IFC를 IndoorGML로 변환하는 모듈에서 발생하는 문제점을 해결하기 위해 고도화를 수행

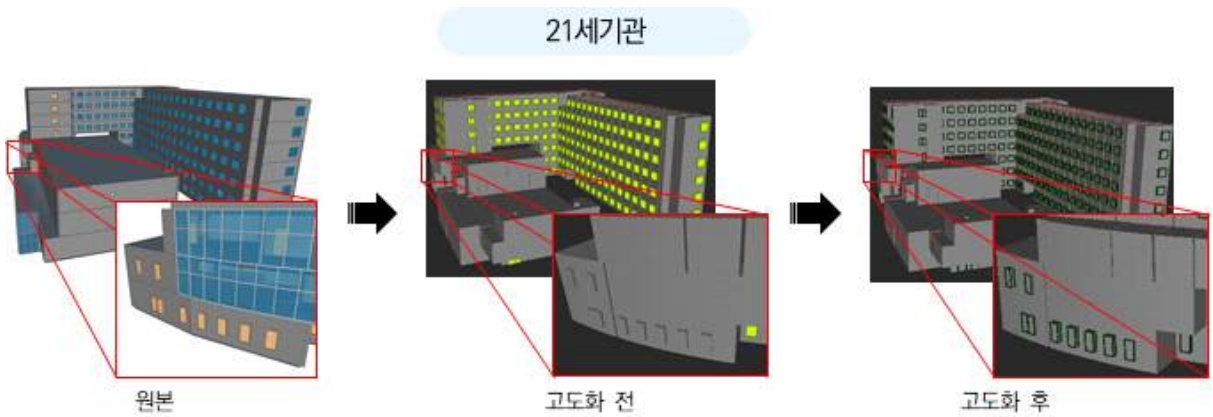


그림 479. 곡면 space의 문제



그림 480. 기하 좌표의 오차로 발생하는 문제

- 21세기관의 경우 곡면으로 되어있는 space와 opening 사이에 Navigable-boundary가 생성되지 않았음
- 구조실험동의 경우 space와 opening 사이에 좌표값 오차가 발생하는 경우 Navigable-boundary가 생성되지 않음
- 이 두가지 문제점을 해결하기 위해 각 surface간 touch가 되는지 확인하는 알고리즘을 개선하기로 함
- 우선 opening의 경우 가장 큰 2개의 surface에 navigable-boundary가 생성되게 하고 space의 옆면과 비교하여 기울기와 거리 기반으로 space와 opening이 서로 매칭되는지를 결정하게 함
- 기울기와 거리에는 buffer를 부여하여 약간의 오차가 발생해도 대부분의 space와 매칭되도록 함

(4) 클라우드기반 실내공간정보 관리 서비스 기술 개발

□ 포인트 클라우드 저장관리 기능 개발

○ 포인트 클라우드 데이터를 평면구조/토폴로지/지오메트리 엔티티로 분석하고 이를 모델화하여 관리 기능을 구현하고자 함

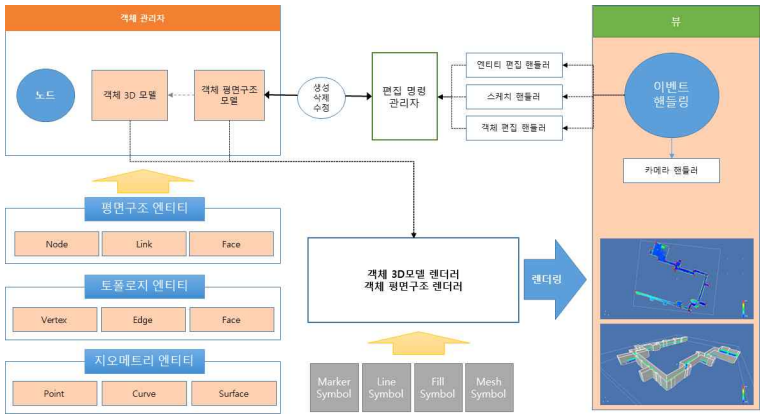


그림 481. 포인트 클라우드 관리시스템 구조도

1) 개발 상세 내용

- 포인트 클라우드 데이터를 입력 받아 층 공간을 생성하거나, 벽 객체에 대한 분할 기능을 제공

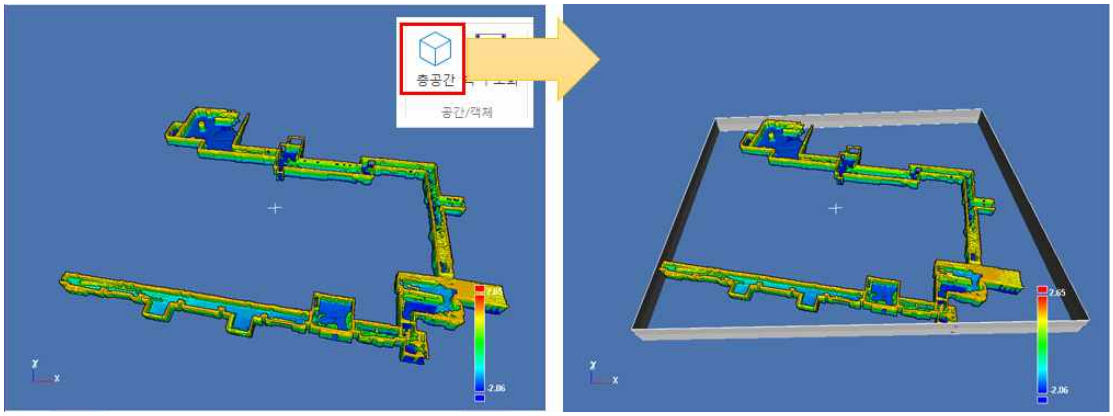


그림 482. 층 공간 생성

- 포인트 클라우드에 대한 분할된 객체 단위의 단위 파일 저장 기능 제공

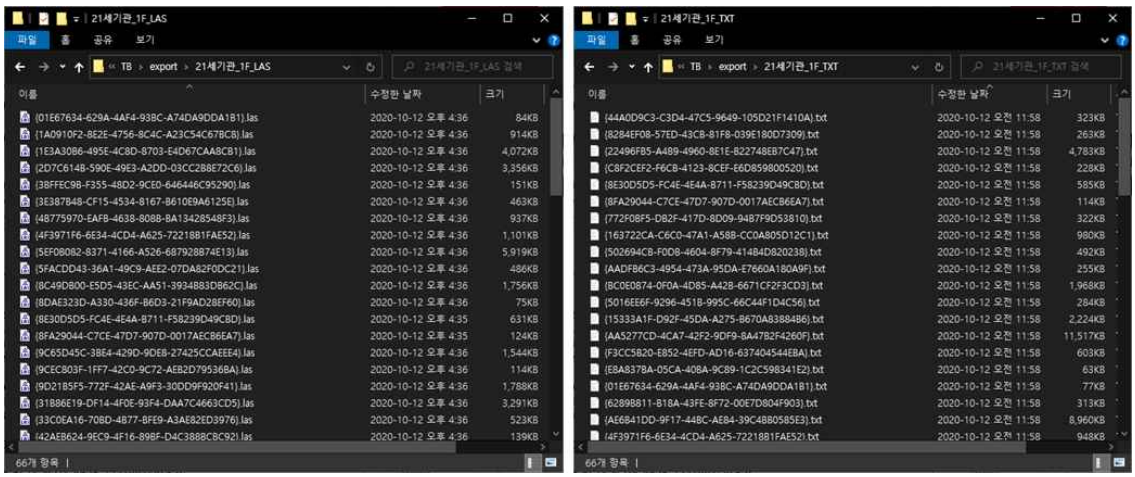


그림 483. 객체 단위별 분할된 단일 파일 저장 기능

- 편집기의 층 생성 과정을 통해 포인트 클라우드 데이터와 IndoorGML 데이터를 병행 편집하여 객체별 벽 객체에 대한 편집 기능 지원

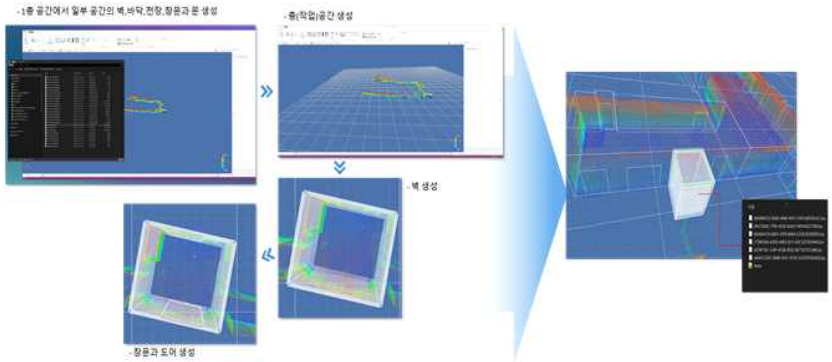


그림 484. 객체 편집을 통한 분할파일 생성

- 포인트 클라우드의 벽 객체 편집에 대해 분할된 파일별 메타정보를 생성하여, 분할 파일별 속성 정보 제공



그림 485. 분할 파일에 대한 메타 정보 생성

- 포인트 클라우드의 분할 파일별 메타 정보 관리를 위한 데이터베이스 설계
- 클라우드 기반 실내공간 객체 관리의 메타 정보 데이터 관리를 위한 메타 정보 업로드 기능 구현 및 적용

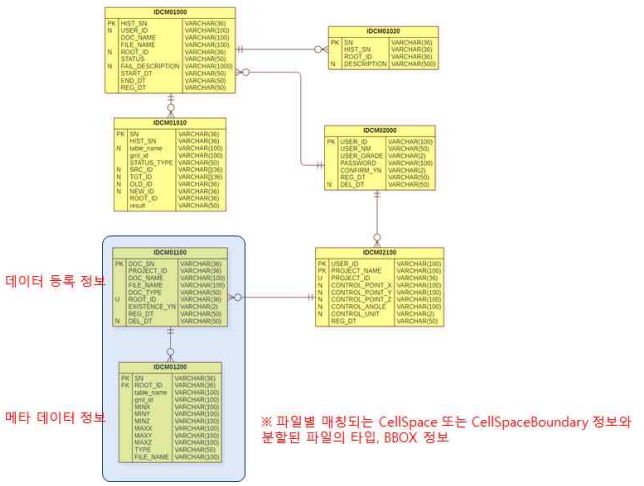


그림 486. 메타정보 데이터베이스 생성

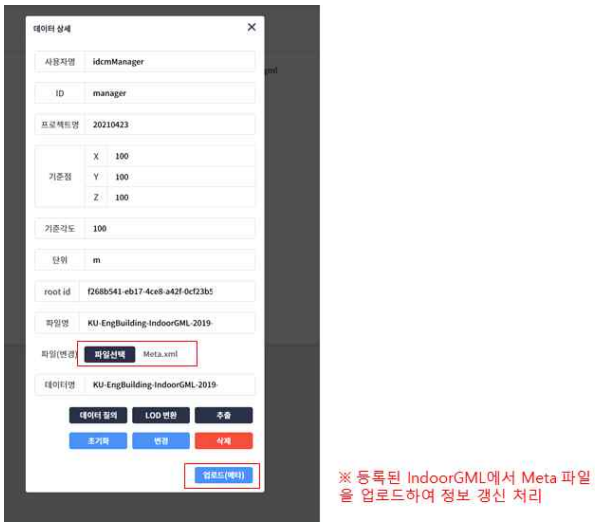


그림 487. 실내공간 관리의 메타정보 업로드 기능

2) 적용 결과

- 클라우드 기반 실내공간 관리에서 데이터베이스에 저장된 실내공간 정보와 포인트 클라우드 데이터 연동을 통하여, 포인트 클라우드의 분리된 객체 파일과 실내공간 정보의 맵핑 기능 적용

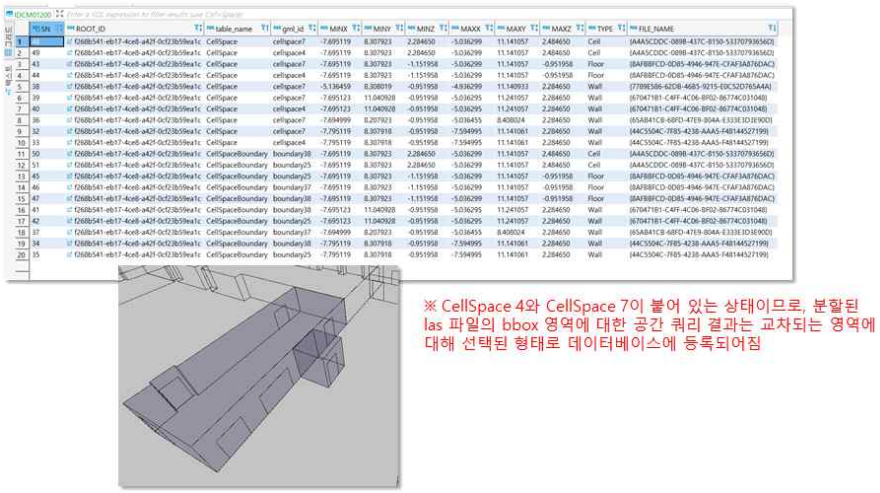


그림 488. 실내공간 정보와 포인트 클라우드 데이터 연동 및 조회 기능

- 클라우드 기반 실내공간 정보 관리 기능에서 포인트 클라우드 객체 편집을 통한 메타 정보의 업로드 기능을 통하여 조회할 수 있는 인터페이스 제공

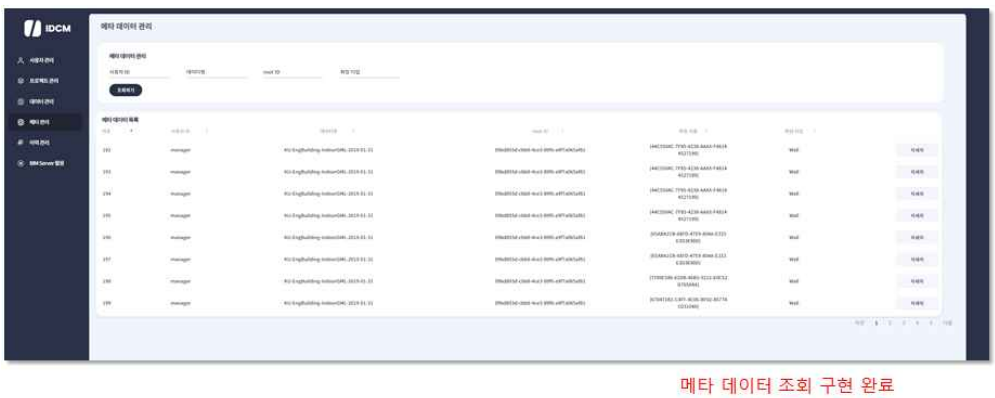


그림 489. 포인트 클라우드 메타 정보 조회 기능 제공

□ 클라우드 기반의 실내공간정보 관리 서비스(PaaS) 기능 개발

○ 클라우드 환경에서 실내공간정보의 저장관리 서비스를 위한 아키텍처 설계 및 개발

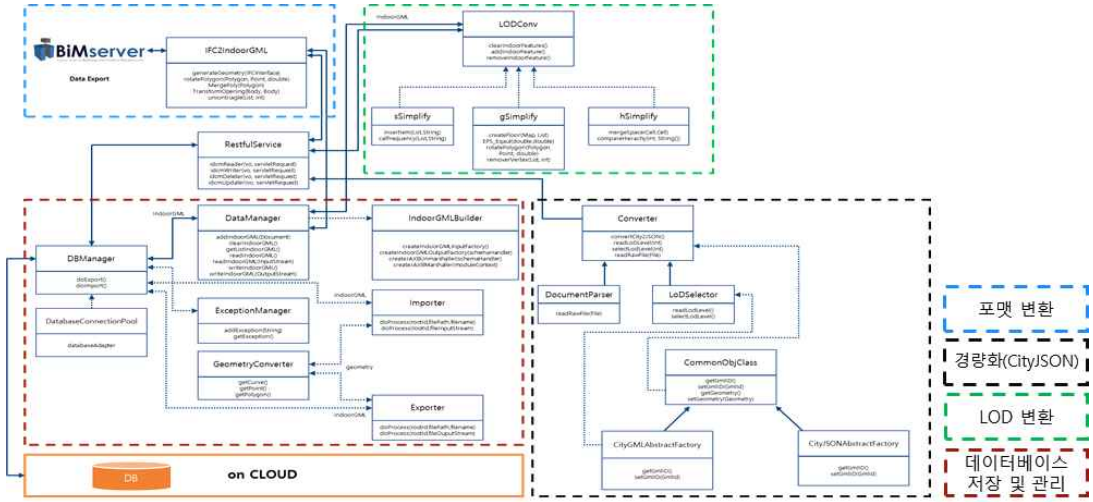


그림 490. 클라우드 기반의 실내공간정보 관리 아키텍처 설계

- 실내공간정보 저장/관리 서비스 플랫폼은 클라우드 기반에서 LOD 데이터를 자동 생성하고, 경량화 및 다양한 포맷 간 변환을 지원하며, 시계열 이력 관리 및 저장 관리 기능을 제공
- 외부와의 서비스 연동을 위한 기능별 OpenAPI 서비스 제공

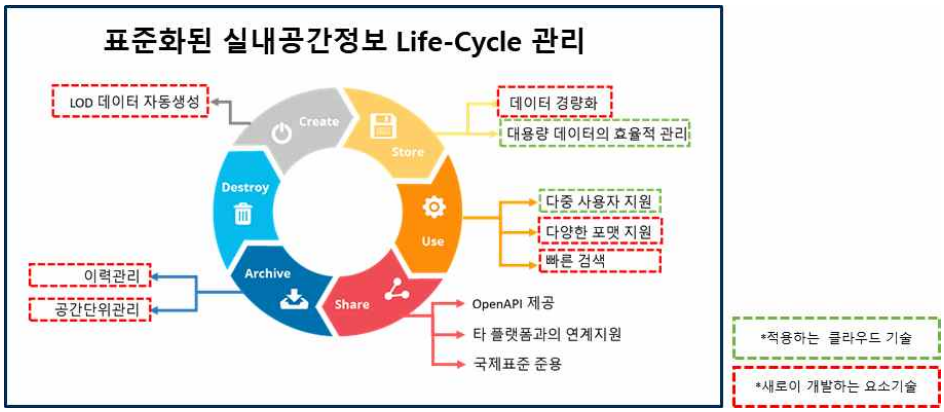


그림 491. 표준화된 실내공간정보 관리

1) 개발 상세 내용

- 실내공간정보 편집기를 통한 실내공간정보의 데이터베이스 저장 기능 제공
- 데이터베이스에 저장된 실내공간정보에 대한 입출력, 검색 및 조회, 시계열 관리 기능 구현 및 반영

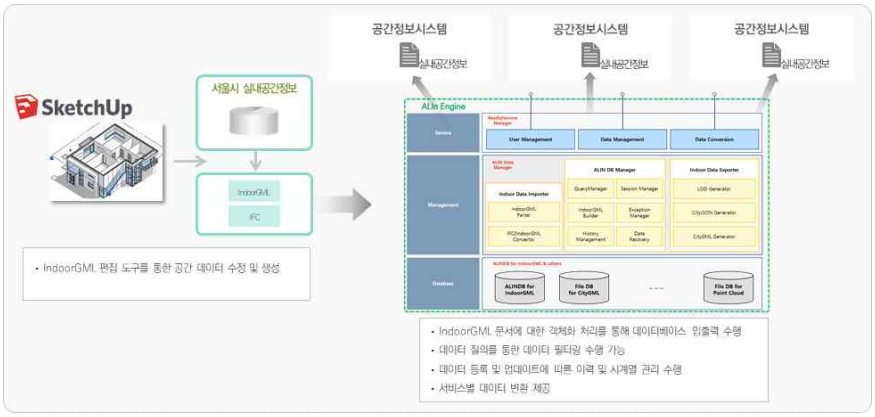


그림 492. 실내공간정보 데이터베이스 관리 및 입출력 기능 제공

- 클라우드 기반의 실내공간정보 저장 관리는 IndoorGML 스키마 확장 기능 구현을 통해 AnchorState&AnchorLink와 IndoorPOI 스키마를 지원할 수 있도록 고도화 개발 적용

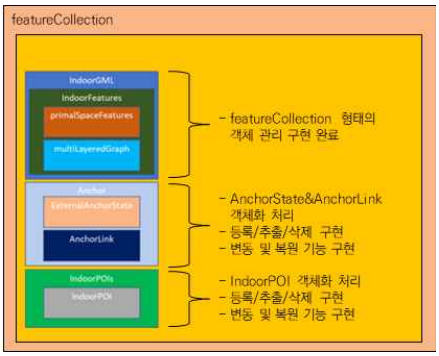


그림 493. IndoorGML 스키마 확장

- 실내공간정보에 대한 객체화 처리와 데이터베이스 저장을 통한 관리 기법에서 변동 데이터 처리 및 이력&시계열 처리를 도입하여 복원 및 추출 기능 구현 및 서비스 제공
- 실내공간정보의 데이터베이스 구조화 관리를 위해 객체화를 기반으로 하여, 트리 탐색 기법을 활용하여 전체 구조에 대한 분석 및 관리 기능을 반영
- 하나의 실내공간정보에 대해 고유한 root id를 부여하여, 데이터베이스 관리의 입출력 서비스를 활용하고자 함

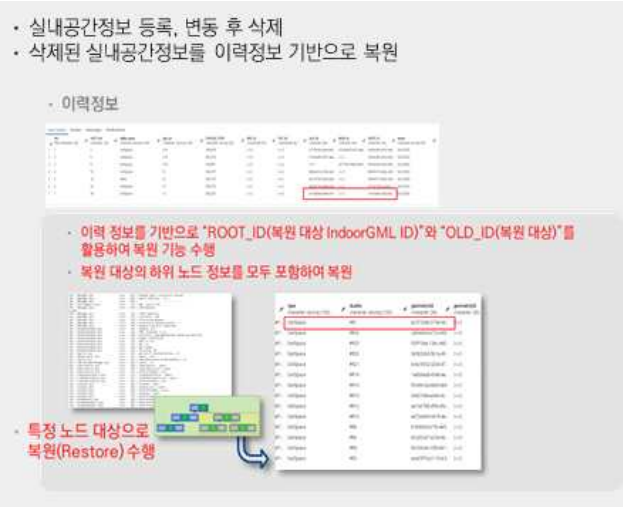


그림 494. 실내공간정보 시계열 관리

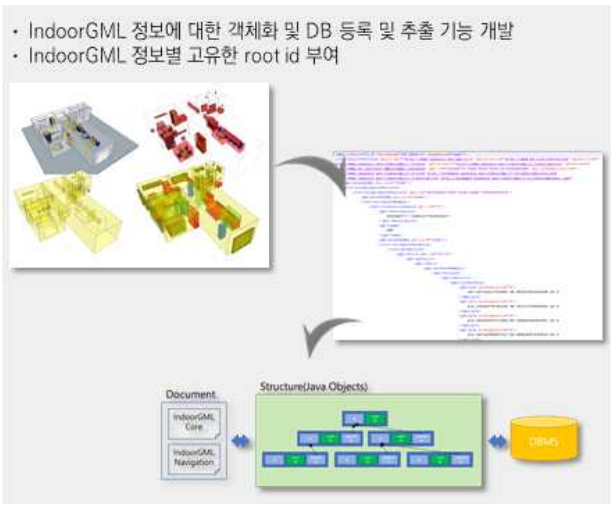


그림 495. 실내공간정보 구조화 기법

- 실내공간정보에 대한 트리 형태의 구조 정보 조회 기능과 실내공간정보의 모든 노드가 가지고 있는 description 속성을 기반으로 구조화된 데이터의 질의 기능을 제공
- 데이터 질의 기능을 통해 생성된 필터링 정보를 기반으로 해당 IndoorGML 정보에 대한 추출 기능을 구현
- 실내공간정보의 데이터베이스 입출력 과정에서 발생되는 데이터 변동에 대해 시계열 관리 기능을 제공
- 데이터베이스에 저장된 데이터를 중심으로 데이터 변동이 발생된 경우, 일괄적으로 변동 처리를 수행한 후, 공간 단위의 변동 정보를 그룹 단위로 하여 공간정보의 병합 또는 분리 여부를 확인하고 이에 대한 이력 정보를 처리



그림 496. 실내공간정보 질의 및 추출 기능

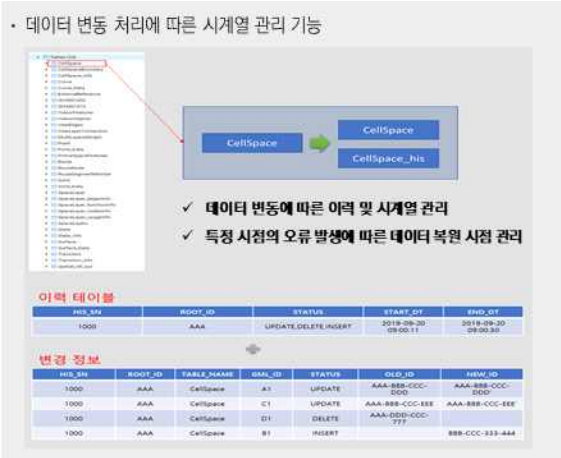


그림 497. 실내공간정보 이력 관리

- 데이터 변동 이력 정보를 기반으로 하여 특정 시점의 데이터에 대해, 원본 데이터의 상태를 그대로 두고 추출 시점의 복원 및 다운로드 기능 지원
- 실내공간정보의 구조화된 트리 형태를 기반으로, 각 노드의 변동 및 시계열 데이터를 활용하여 데이터 변동에 대한 복원 기능을 제공

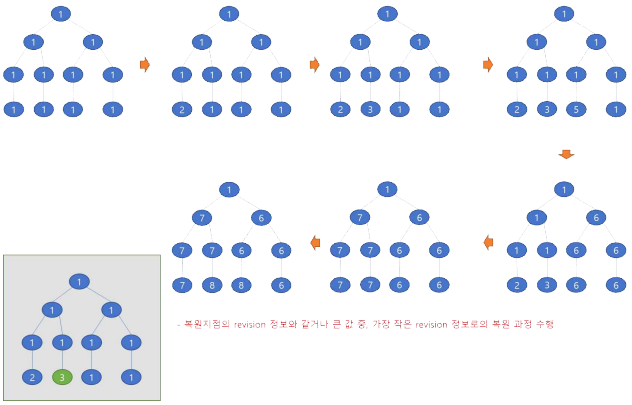


그림 498. 데이터 변동에 따른 복원 시점 탐색

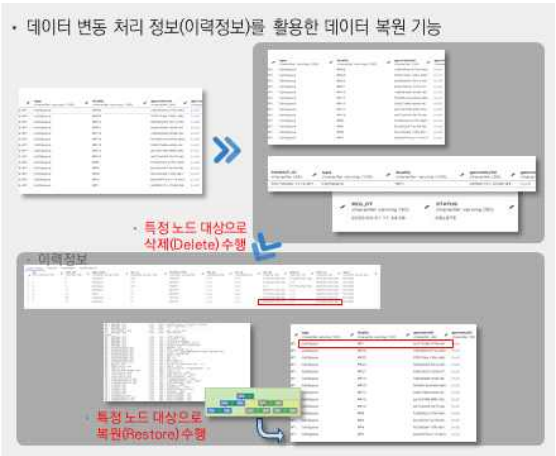


그림 499. 실내공간정보 복원 기능

2) 적용 결과

- 클라우드 환경의 IaaS/PaaS 기반 IndoorGML 데이터 관리 서비스 제공
- 사용자 개별 환경의 Web Interface Dashboard 클라우드 서비스 제공



그림 500. 실내공간정보 클라우드 서비스

- IndoorGML 데이터에 대한 클라우드 기반 실내공간정보 관리 서비스를 활용하여 데이터베이스 등록 및 구조 정보 조회와 데이터 질의 기능을 확인

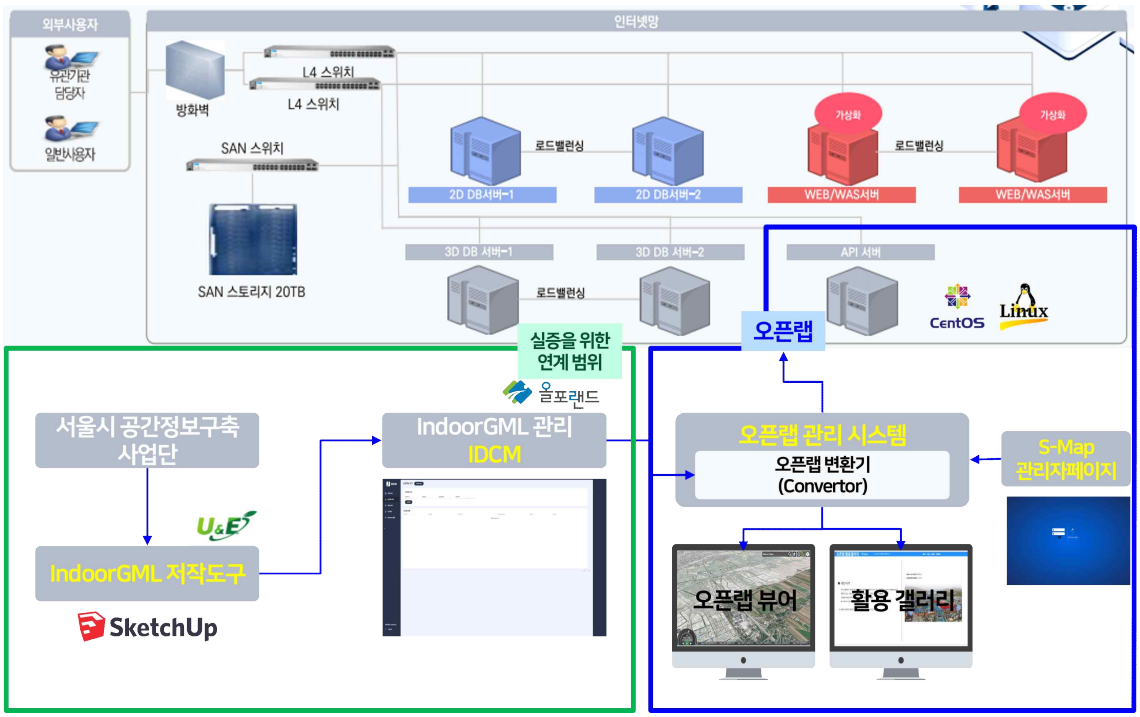


그림 501. 클라우드기반 실내공간정보 관리 PaaS/SaaS 테스트베드 적용 개념

□ 클라우드 기반의 실내공간정보 활용 서비스(SaaS) 기능을 통한 실증

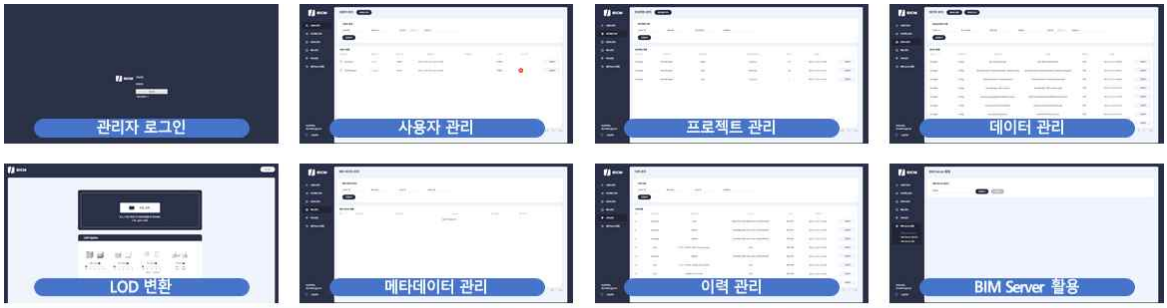
1) 개발 상세 내용

- 현재 서울시 S-Map의 오픈랩에서 사용할 수 있도록 오픈랩 관리 시스템과 연계 개발 중
- IndoorGML 저작도구 및 IDCM(IndoorGML 관리 시스템)을 대상으로 오픈랩 관리 시스템과 연계하여 서울시 S-Map의 오픈랩과 연계 예정



2) 성과 실증 예시

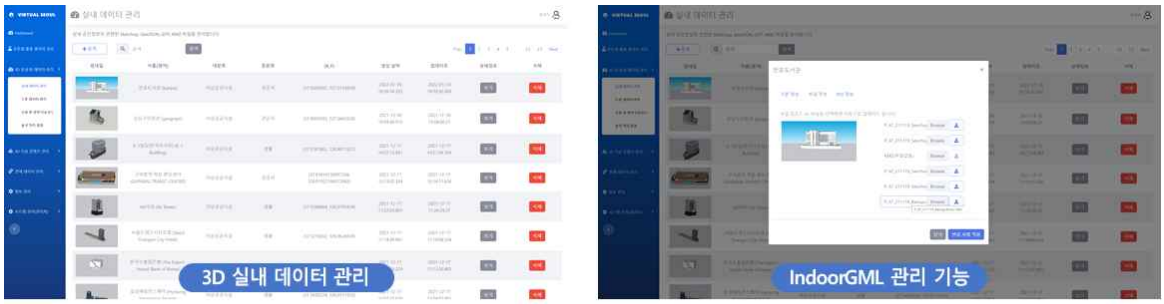
- 본 연구를 수행하여 도출된 연구성과인 IDCM을 활용하여 서울시의 S-MAP 운영환경, S-MAP 관리자 페이지, S-MAP 오픈랩을 대상으로 성과 실증을 수행하였음



IDCM(IndoorGML 관리 시스템) 기능 목록

그림 503 IDCM 기능 목록

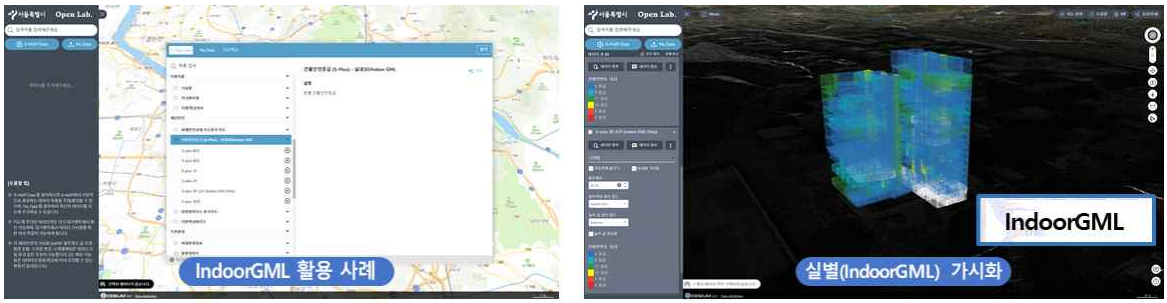
- 서울시 S-MAP 운영환경을 대상으로 IDCM 탑재 수행
- 탑재한 IDCM은 관리자 로그인, LOD 변환, 사용자 관리, 프로젝트 관리, 데이터 관리, 메타데이터 관리, 이력 관리, BIM Server 기능으로 구성됨



S-MAP 관리자 페이지 IndoorGML 파일 포맷 확장•제공

그림 504 S-MAP 관리자 페이지 IndoorGML 파일 포맷 확장 및 제공

- 서울시 S-MAP 관리자 페이지를 대상으로 IndoorGML 파일 포맷 확장 및 제공 기능 탑재



서울시 오픈랩(OpenLab) IndoorGML 활용 사례

그림 505 서울시 오픈랩 IndoorGML 활용 사례

- 서울시 오픈랩을 대상으로 IndoorGML을 활용한 실별 정보 가시화 연구사례를 실증하였음

(자) 2-4 공동 (㈜유엔이)

연구범위	연구 수행 방법 (이론적·실험적 접근방법)	정성적 연구개발성과
IndoorGML 통합모델링 및 편집 기술 개발 (SW 모듈)	(6-1) 데이터 연동을 위한 문헌조사 및 연동 계획	• 기존 공간정보 파일 구조 분석, 통합 데이터 파일 구조 개발 - 데이터 연동을 위한 문헌조사 및 CityGML, GML, IFC 파일 연동 계획 수립 - 기존 Topology 기반 Indoor, Outdoor 데이터 분석 - 통합 공간 구조 데이터 포맷 개발 : GIS 와 CityGML로 대변되는 외부 공간데이터와 BIM, IndoorGML로 대표되는 내부 공간 데이터를 통합하여 Indoor-OutDoor 전환 가능
	(6-2) In&out 연동을 위한 Parser 기술 분석	• Topology 시각화 및 정보호환을 위한 Parser 개발에 대한 아래와 같은 결과를 도출하였음 - 3D 엔진과 연동하여 native data 생성하고, Topology Edit을 위한 data 및 기본 Geometry data 가시화 모듈 개발 - CityGML에서 IndoorGML에 필요한 속성 및 Geometry data를 파싱하여 시각화 기술 개발 - Floor, Door Voume data 기반의 node data 생성 후 인접 공간을 계산하여 Network data 생성 - 공간정보를 추출하여 IndoorGML 파일로 Export하는 기능 모듈 개발 ▪ IndoorGML 생성기능(가시화 모듈) 소프트웨어 프로토타입 개발함 - CityGML데이터를 읽어서 사람이 볼 수 있게 3D 형태로 시각화 - 건물 공간의 연결 정보를 표현하는 공간 Topology 데이터 자동 생성 - 생성된 Topology데이터를 사람이 편집할 수 있는 UI 제공 - Topology 및 공간 데이터를 IndoorGML 데이터로 file export 기능 제공
	(6-3) IndoorGML 편집 기능 개발	• IndoorGML 편집 기능 개발 - Geometry 정보에서 자동적으로 Topology를 생성하여 CAD 및 XML 등 각종 공간정보 파일을 IndoorGML로 변환하는 SW 모듈을 개발하여 실용화 가능성을 높임 ▪ CAD 및 다양한 포맷 기반의 편집기능 및 IndoorGML 생성 개발 - Data Validation 및 Export 기능인 'CAD Convert를 개발하여 파일 변환의 정확도 검토▪ IndoorGML Vaildation 통합모듈 개발 ▪ Data Validation 및 Export 기능 개발 - 변환된 공간정보변환 파일의 정확도는 99%로 확인 목표점수 이상의 평가점수를 검증완료 - 시험결과로 Topology 생성도 0.021s 목표 점수 이상의 평가점수를 검증완료(외부검증기관) ▪ CAD Ruleset 기반의 CAD 데이터를 활용한 IndoorGML 변환 알고리즘 개발

		- CAD Ruleset 기반 IndoorGML 변화 알고리즘 개발완료
IndoorGML 통합모델링 및 편집 기술 개발 (SW 모듈)	(6-4) IndoorGML 통합모델링 및 편집 기술 개발	• IndoorGML 통합모델링 및 편집 기술 개발 - 상용툴(Sketch Up)기반으로 Geometry 정보에서 Cell-Space, Topology를 생성하고 편집 및 가공 기능을 개발하였고, IndoorGML Validator(Val3dity)로 정합성 검증함 ▪ 실내공간정보 입력기능 개발 - Importing 기능 구현을 통해 IndoorGML Parser 개발 완료 - 로딩/시각화는 목표시간 5s 이내의 목표 성과를 3s 이내 시각화 구현으로 목표점수 이상의 평가점수 검증완료 ▪ IndoorGML 모델링 기능 개발 - IndoorGML 파일을 확인하여 Cell-Space, Topology, POI, Anchor Node를 생성할 수 있는 기능 개발 완료 - Floor, Elevator 등 생성할 수 있는 개발 완료 ▪ IndoorGML 편집 기능 개발 - IndoorGML 파일을 확인하여 Cell-Space, Topology, POI, Anchor Node를 편집할 수 있는 기능 개발 완료 - Floor, Elevator 등 편집할 수 있는 개발 완료 ▪ IndoorGML 표준 검증 기능 통합 구현 - Validation 기능을 통합 구현하여 편집한 상태에서 즉시 변환의 정확도 검토 가능 ▪ IndoorGML 출력 기능 개발 - 상용툴 편집 완료된 공간정보를 Exporting 기술 개발완료
	(6-5) IndoorGML 통합모델링 및 편집 기술 고도화	▪ IndoorGML 통합 모델링 및 편집 기능 고도화 - 4차년도에 개발한 상용화툴 내 편집기능 고도화 ▪ Sketch Up 공간정보 모델링 IndoorGML 변환 기술 개발 - 2D 도면 및 이미지 도면 등 Sketch Up 기반 모델링을 통해 IndoorGML 형태로 편집 가능한 기술 개발 - skp 도면으로 구축된 파일을 IndoorGML 형태로 편집 가능한 기술 개발 - 기존 Sketch Up 모델링 IndoorGML 변환을 위한 Rule Set 정의 ▪ IndoorGML 표준 검증 기능 고도화 - IndoorGML 공간 모델링 정합성 검증 기능을 통해 InValid 검토결과를 가시화하는 기능 개발

[2-4공동] 실내외 공간정보 토폴로지 및 POI 편집 기술 개발

(1) 데이터 연동을 위한 문헌조사 및 연동 계획 수립

□ 실내공간정보 관련 표준과 동향

1) OGC(Open Geospatial Consortium)

○ 지리공간정보(Geographic Information)와 관련하여 다양한 표준들을 제정하고 있는 사실상 표준화 기구로서, 현재까지 진행되어 오던 실외공간정보 위주의 표준화 활동을 확장하여 실내공간을 대상 공간으로 포함하도록 진행하고 있음

○ CityGML은 2D 및 3D 형태로 빌딩, 다리, 시설물, 도로 등과 같은 도시공간의 객체를 모델링하기 위한 표준으로써 표현하고자 하는 대상 객체의 정밀도(LoD: Level of Detail)를 여러 단계로 구분하여, 서비스에 맞는 수준의 모델을 활용할 수 있도록 하고 있음

○ IndoorGML은 멀티 레이어 및 노드링크 개념을 이용하여 실내공간을 다양한 의미의 관점에서 모델링할 수 있도록 함. 예를 들어, 실내공간에서의 이동경로정보, 실내에 설치된 센서의 커버리지 간의 상관관계를 그래프 형태로 표현

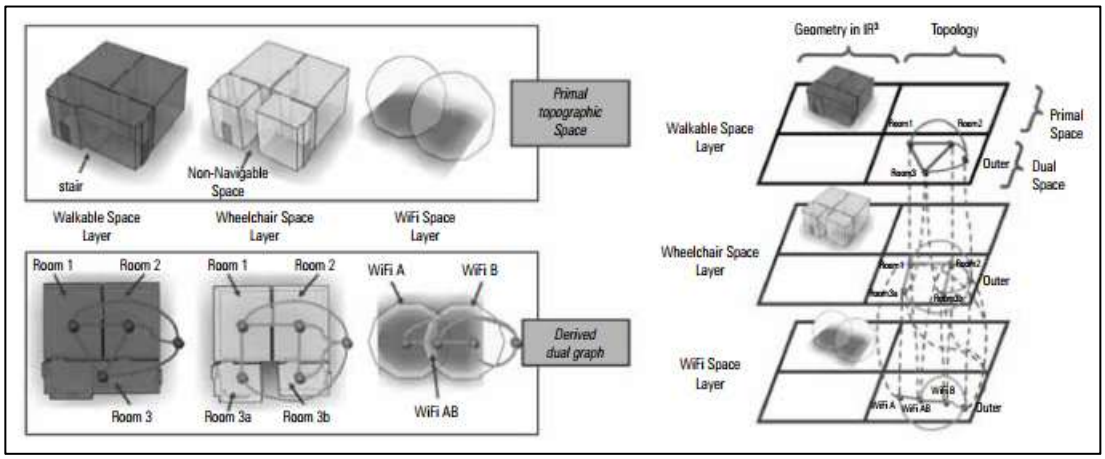


그림 506 OGC IndoorGML의 핵심개념

2) OpenLS

○ 공간정보와 위치정보를 연계하여 서비스를 제공하고자 하는 개방형 위치기반서비스 인터페이스로서, 단말의 종류나 통신기술, 장비에 구애받지 않고 상호 운용성 있는 위치기반 서비스(LBS: Location Based Service)를 가능하게 하는 것을 목표로 하고 있음

3) ISO

○ 실내공간과 관련하여 참조될 수 있는 ISO의 표준화 활동은 크게 지리공간정보를 대상으로 하고 있는 TC211과 지능형교통정보시스템(ITS: Intelligent Transportation System)을 대상으로 하고 있는 TC204에서 진행되고 있음. ISO TC211에서는 지리공간정보와 이와 연계된 위치기반서비스를 위한 여러 표준을 제정한 바 있으며, [표 2]는 이들 중 위치정보 및 이와 관련된 서비스 인터페이스에 대한 몇 가지의 표준안을 보임

표 161 ISO TC11 내 위치기반서비스 관련 표준안

표준명	설명
Positioning Service	위치 값에 대한 요구사항, 위치 값의 해석 및 교환을 위한 인터페이스 제시
LBS-Reference Model	위치기반서비스의 참조모델 제시
LBS - Tracking&Navigation	이동체의 추적, 모니터링 및 내비게이션 서비스 구현을 위한 데이터 유형 및 이들에 대한 연산 정의
LBS-Multimodal routing&Navigation	경로 검색 및 내비게이션을 위해 필요한 서비스 패키지 및 이들 간의 상관관계 정의
MANAGER	MANAGER는 Parser를 통해 생성된 native data로 Topology와 POI를 편집 가능

3) IEEE

○ IEEE에서 진행하고 있는 표준화 활동 중, 실내공간정보와 관련하여 대표적으로 참조될 수 있는 것은 무선랜(WLAN) 환경에서의 실내측위를 지원하기 위한 활동과 로봇 등에서 활용할 수 있는 실내지도 규격을 제정하기 위한 표준화 활동

○ 실내공간에서의 측위와 관련해서는 IEEE 802.11k 워킹 그룹에서 하나의 무선랜 접근점(AP: Access Point)에서 다른 접근점으로 측위관련정보를 전송하기 위한 규격을 제정하고 있고, IEEE 802.11v 워킹그룹에서 무선랜 수신기의 현재 접속 상태 및 이동 여부를 네트워크에 알려주는 기능 및 현재 접속 중인 네트워크를 알리기 위해 사용자가 이용해야 하는 주파수 및 채널을 접근점이 알려주는 기능을 표준화하기 위한 활동 진행

3) OMA

○ OMA(Open Mobile Alliance)는 이동통신에 대한 응용기술을 표준화하기 위한 기구로써 주로 이동단말의 위치를 측위하기 위한 방법 및 서비스 인터페이스 등과 관련하여 표준화 진행

○ 대표적인 표준안으로는 단말의 위치측위를 지원하기 위해 이동단말과 위치서버 사이의 데이터 교환을 보다 용이하게 하기 위한 SUPL(Secure User Plane Location), 프라이버시를 포함하여 이동단말의 위치를 요청 및 전달하기 위한 서비스 인터페이스를 정의하는 MLS(Mobile Location Service), 3GPP의 LPP(LTE Positioning Protocol)를 확장하여 다양한 네트워크 기반 측위방식을 지원하고자 하는 LPPe(LPP Extension) 등이 있음

□ 실내외 공간정보 연동을 위한 조사 및 연동계획

1) IFC 파일

○ 서로 다른 BIM 소프트웨어간의 교환을 위한 포맷으로 Proudct, Process, Resource, Actor, Product, Control, Group으로 크게 구분

○ 모델링 언어 EXPRESS으로 정의하였고, 객체 지향적으로 객체와 객체사이의 관계가 자세히 정의

○ 객체는 집, 벽, 기둥, 창문 등이며, 관계는 객체 간에 포함

○ 이후 이어지는 #1... 번호로 시작하는 행들은 그 행 하나하나가 객체 하나를 정의하는 것이고, 정의된 객체는 왼쪽 번호로 정의

```
ISO-10303-21;
HEADER;
FILE_DESCRIPTION (('ViewDefinition
  [CoordinationView,
  QuantityTakeOffAddOnView]'), '2;1');
FILE_NAME ('example.ifc',
  '2011-03-08T17:36:19',
  ('Architect'), ('Building Designer
  Office'), 'IFC Engine DLL version
  1.02 beta', 'IFC Engine DLL version
  1.02 beta', 'The authorising
  person');
FILE_SCHEMA (('IFC2X3'));
ENDSEC;
DATA;
```

그림 507 EXAMPLE로 WALL을 정의한 STEP형식 IFC파일]

2) Revit 파일

○ Autodesk의 Revit BIM Software에서 사용하는 파일

○ Autodesk에서 제공하는 API 라이브러리를 제공하여 내부 데이터에 접근 가능

3) CityGML 파일

○ 3차원 가상 도시모델의 저장 및 교환을 위한 XML기반 데이터 포맷

○ GML은 OGC(Open Geospatial Consortium)에 의해 개발된 ISO 19136의 국제 표준이며, 메타형식으로 그 구체적인 교환형식은 CityGML과 같은 응용스키마에 의해 구현

○ 도시 및 지역에 관한 모델에서 주제가 되는 지리정보요소에 대한 객체와 객체들의 관계를 3차원 기하, 3차원 위상, 의미(Semantics) 및 표현(Appearance) 등의 속성들로 정의하여, 도시모형, 도시자료 마이닝, 시설물관리, 그리고 주제검색과 같은 여러 응용분야에서 복잡한 분석업무를 수행할 수 있는 3D 가상 도시모델 가능

○ 이를 위하여 CityGML에서는 도시를 구성하는 요소들을 위해 48개의 그룹과 12,500개 객체로 분류되는 VOTT(Visual Objects Taxonomy/Thesaurus) 제시

○ CityGML의 스키마는 도시를 구성하는 여러 요소들의 속성과 형상을 지원하는 요소들로 이루어짐
예) 건물, 지형, 터널 등

4) IndoorGML 파일

○ 실내 공간을 표현하기 위한 XML 기반의 OGC 표준 모델 언어로 각 간 객체의 형상과 연결 상태를 나타내는 Network 데이터로 구성

○ ndoorGML은 멀티 레이어 및 노드 링크 개념을 이용하여 실내공간을 다양한 의미의 관점에서 모델링

○ 실내공간에서의 이동경로 정보, 실내에 설치된 센서의 커버리지들과 이들 간의 상관관계를 그래프 형태로 표현

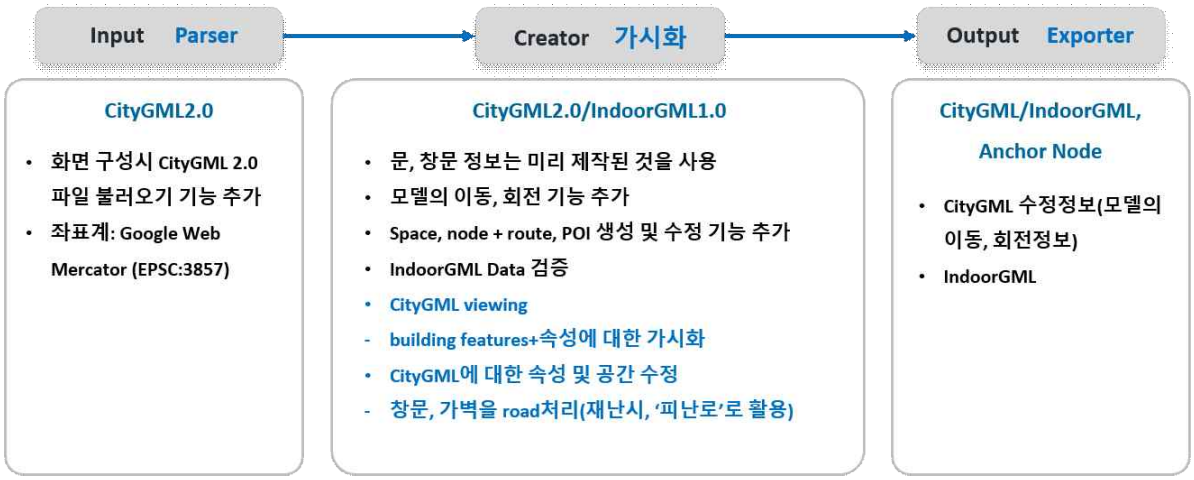


그림 508 주요 Parer 구성도(안)

(2) In&out 연동을 위한 Parser 기술 분석

☐ Topology Node Edit

1) Topology node edit

○ "세계 최고 수준의 저비용 고효율 실내공간정보 핵심기술 개발 및 실증"과제 수행 중 계획하고 사업에서 수행하는 "IndoorGML 자동생성 및 편집기능" 개발 파트의 효율적인 개발하기 위한 것으로 외부 데이터에서 편집에 필요한 data 파싱 및 가시화 단계에서부터 IndoorGML export 단계까지 전처리 과정을 진행

2) Topology node edit 주요 기능

① 공간정보에 대한 데이터 가시화

② 외부 공간정보 데이터를 편집이 가능한 데이터로 Parser

③ CityGML에서 IndoorGML로 변환하는데 필요한 속성에 대한 편집

④ IndoorGML 변환하는 Export

☐ Use Case Diagram

○ Topology node edit은 두 개의 actor로 구성됨

○ Data 사용자가 data provider로부터 가공된 data를 쉽게 이용할 수 있어야 하고 Data User는 data를 가공하는 필터를 재사용 가능해야 함

표 162 Topology Node 이해관계 및 관심사항

이해관계자	관심사항	비고
USER	USER가 전달하는 공간정보의 포맷유형은 미리 약속한 포맷에 한하여 사용	사용성
MANAGER	MANAGER는 Parser를 통해 생성된 native data로 Topology와 POI를 편집 가능	사용성
	native data에서는 수동으로 편집이 가능하다면 Topology generator에서는 자동적으로 생성할 수 있어야 함	생산성

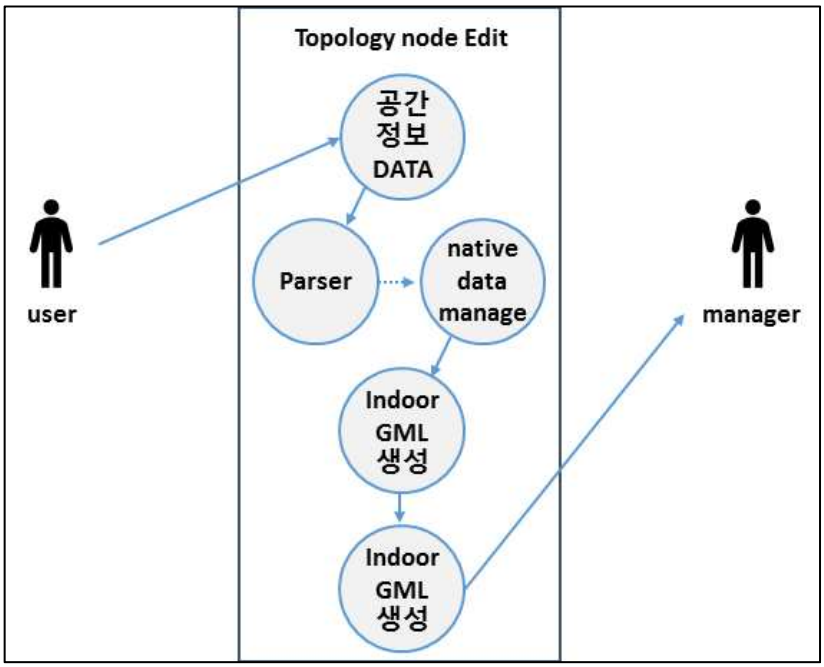


그림 509 Topology Node Edit

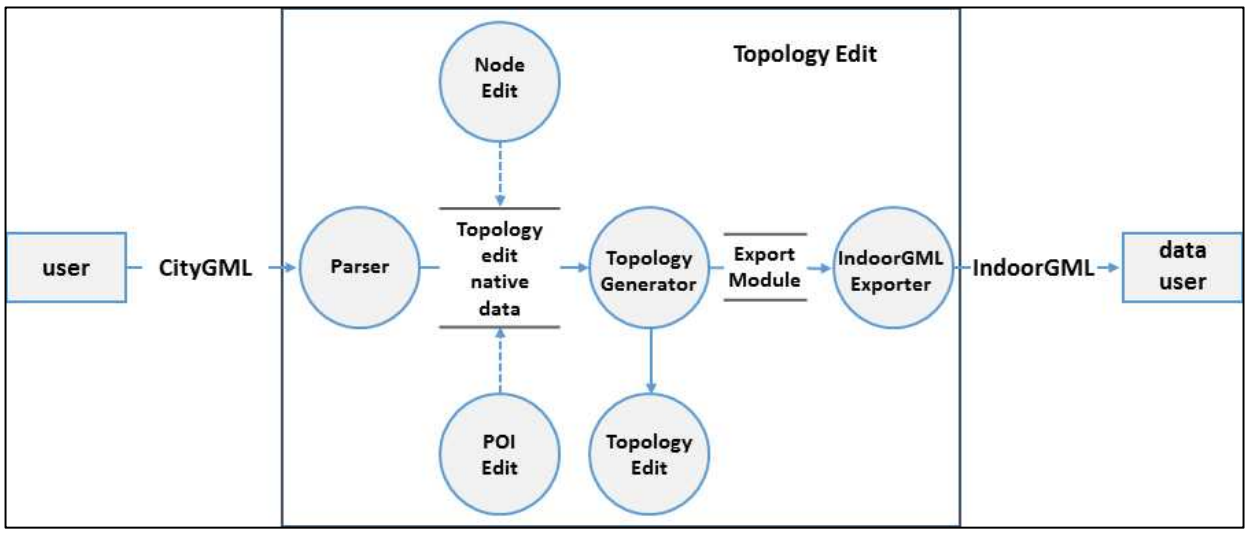


그림 510 DFD Context Level Diagram

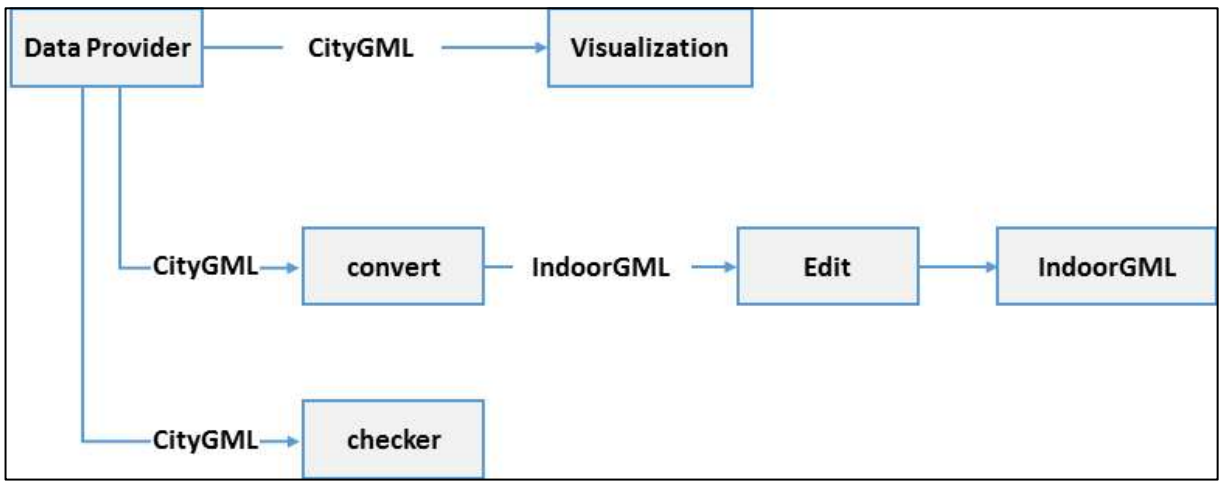


그림 511 DFD Level 1 diagram

☐ Topologym, Model 시각화 개발 및 Parser 개발

○ 공간 모델 데이터와 Topology 데이터를 시각화 하여 사용자가 손쉽게 데이터를 인지하고 편집할 수 있도록 도와줌

○ 다른 공간 정보 데이터(CityGML, GIS Data, IndoorGML 등)의 Parser를 개발하여 Topology Edit의 native data로 변환

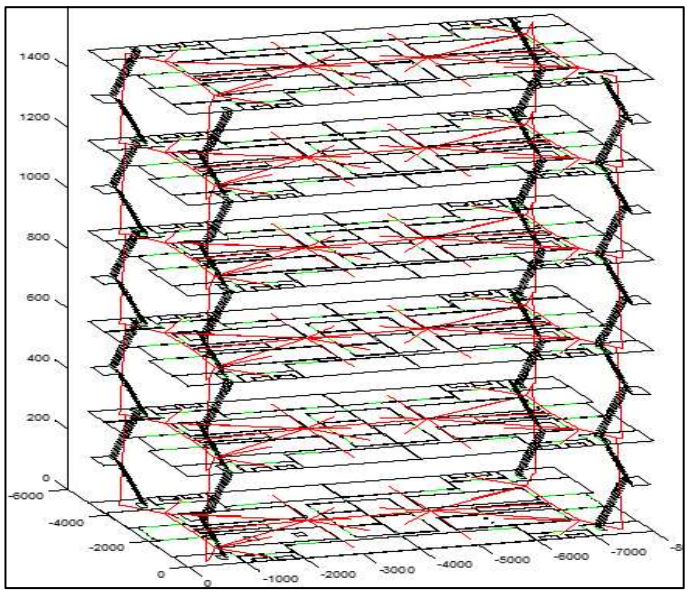


그림 512 실내공간 Topology 시각화

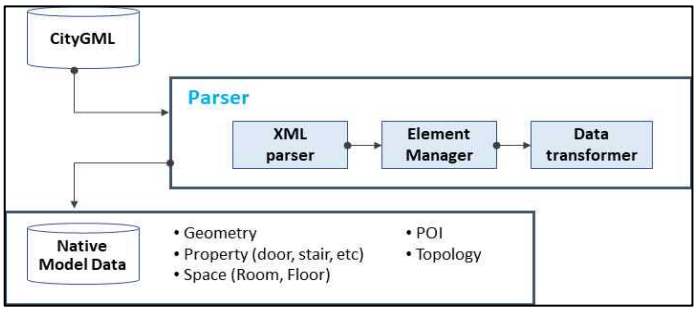


그림 513 Parser 구조

☐ IndoorGML 편집 기능 개발 및 변환기술 개발

1) IndoorGML 편집 및 변환구조

○ 생성된 Topology에 대하여 Node 선택/삭제/추가 및 Path 편집 기능

○ IndoorGML에 POI 데이터 추가, 편집 기능

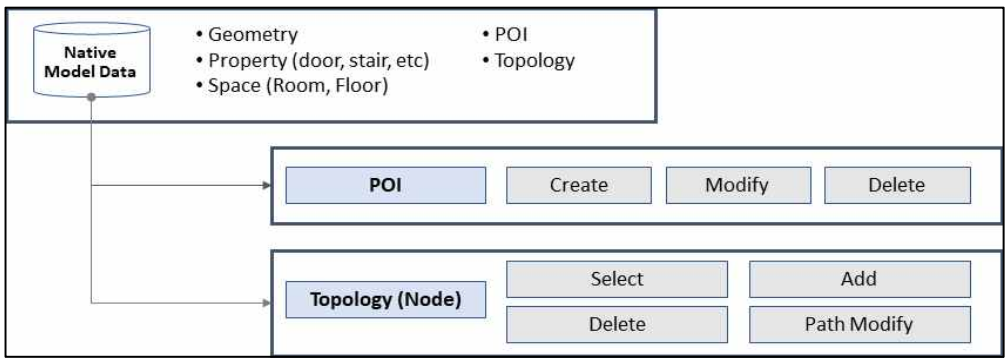


그림 514. Node & POI 편집

○ 공간정보를 추출하여 IndoorGML 파일로 Export하는 기능 모듈 개발

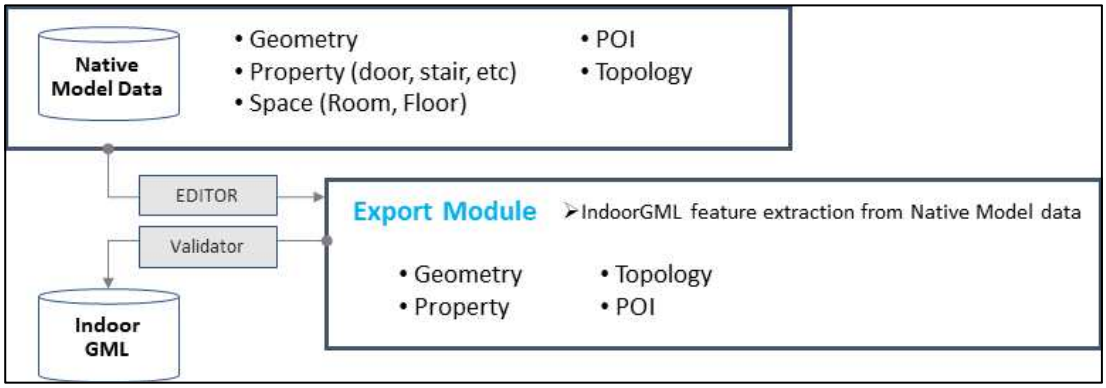


그림 515 IndoorGML 변환 기능 모듈

2) 데이터 가시화 모듈 개발

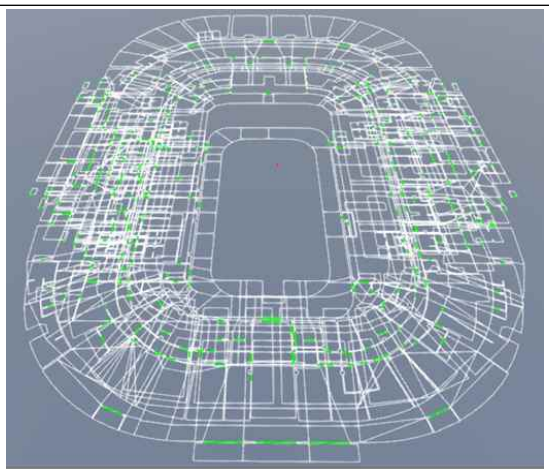
○ 공간정보를 추출하여 IndoorGML 파일로 Export하는 기능 모듈 개발

① CityGML 데이터를 파싱하여 가시화 수행

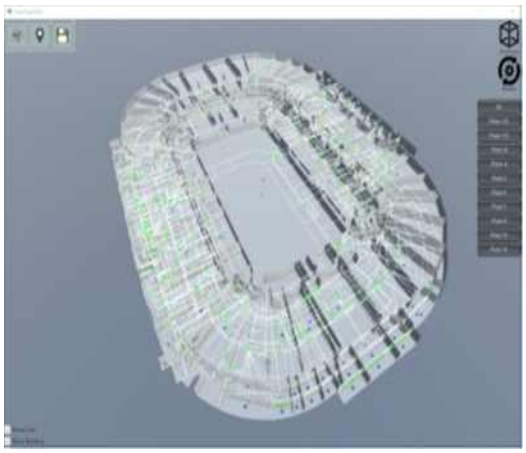
② CityGML의 Multisurface, pologyn, mesh 부분을 Unity Mesh로 변환하여 시각화 완료

③ polygon의 데이터는 Triangulation을 사용하여 Mesh로 변환

④ Node Network Data 형성 및 State Transition 표출 삭제 가능

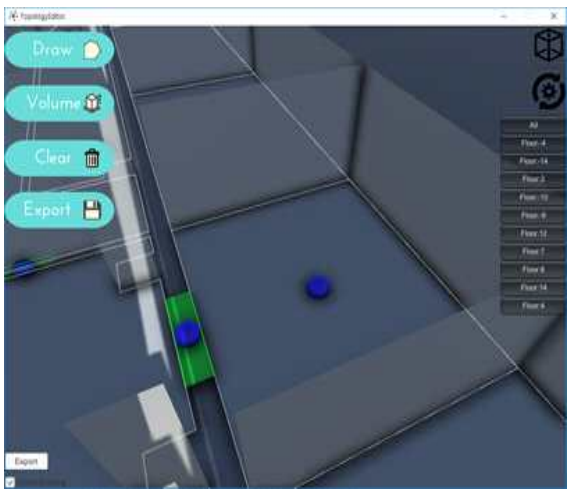


Door, Floor surface visualization

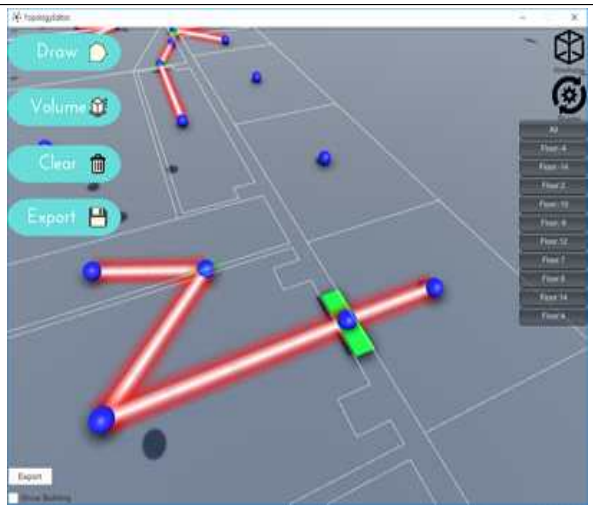


CityGML 로드

그림 516 Native Data의 Topology 및 기본 Geometry 가시화 기술 개발



생성된 door, floor surface node



Network data 형성

그림 517 Node 인접 공간 Network Data 생성

(3) IndoorGML 편집 기능 개발

☐ IndoorGML 구축을 위한 CAD 파일 변환 기능 개발

1) CAD Ruleset 기반의 CAD 데이터를 활용한 IndoorGML 변환 알고리즘 개발

○ IndoorGML 변환을 위한 CAD Rule 정의

① 저장된 Rule기반으로 CAD 파일을 작업한 후 자체 개발한 '자동공간정보변환툴'활용하여 자동으로 IndoorGML 포맷으로 변환

② 자유도가 높은 CAD도면에서 IndoorGML로 변환하기 위하여 IndoorGML에서 필요로 하지 않는 정보를 제외하고 IndoorGML에서 필요로 하는 Space와 Door, Window 등의 정보만을 표기하기 위한 Rule을 정의 함



그림 518 Rule기반 캐드 작성 프로세스

레이어명	색상	객체형태	비고
B_Block	White	block	기존도면 블럭정보
B_BasePoint	red	Point	층별 도면의 기준점
B_Col	yellow	Polyline Square circle	구조기둥
B_Door_P	blue	Line	여닫이문
B_Door_S	magenta	Line	미닫이문
B_Door_T	200	Line	양방향 문
B_ElevBoundary	150	Polyline Square	엘리베이터 공간
B_ElevDoor	60	Line	엘리베이터 게이트
B_Handrail	200	Line	난간 (벽체활용)
B_EscalBoundary	150	Polyline Square	에스컬레이터 공간
B_EscalDoor	60	Line	에스컬레이터 게이트
B_StairBoundary	150	Polyline Square	계단실공간
B_StairDoor	60	Line	계단실 게이트
B_Text	green	text	텍스트 (층별 이름정의)
B_Wall_F	green	Line	가벽
B_Wall_N	40	Line	공간을 구분하지 않는 가상벽 (B_StairDoor 또는 B_EscalDoor)을 작성하기 위한 벽
B_Wall_P	white	Line	공간구분 (실제 객체 없거나 높이 0)
B_Wall_S	yellow	Line	구조벽
B_Win	cyan	Line	창문

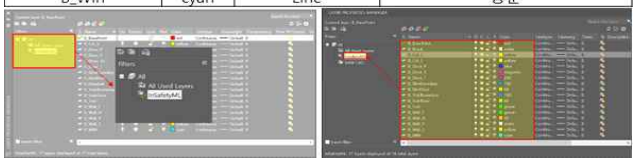


그림 519 IndoorGML로의 변환을 위해 정의한 CAD Layer 구성

2) 서로 다른 포맷을 활용한 공간정보 가시화 기능 개발

○ 공간정보가 없는 데이터의 Geometry 연산을 수행하여 공간 인지 및 가시화

① 공간에 대한 모양과, 크기 정보는 개략적으로 가지고 있지만, 상대적인 위치 및 공간의 성질에 대한 Geometry 정보가 없는 CAD 데이터를 공간의 상대적인 위치 및 위계 관계를 인지할 수 있도록 연산하고 이를 가시화할 수 있는 기능 개발 완료



그림 520 CAD 파일을 IndoorGML로 변환하는 프로그램

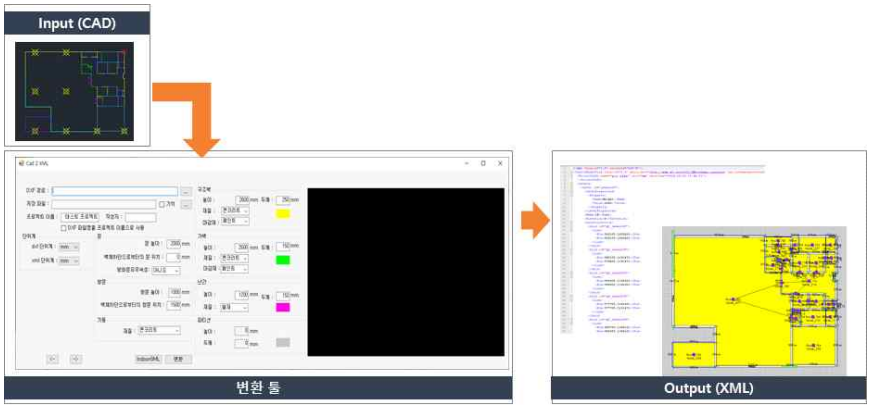


그림 521 변환툴을 이용한 Input/Output 프로그램(CAD to XML)

② 기존에 존재하는 CityGML 파일을 Geometry 정보를 포함하는 IndoorGML 파일로 자동변환하는 기능 개발 완료



그림 522 변환툴을 이용한 Input/Output 프로그램(CityGML to IndoorGML)

○ 계단 및 에스컬레이터 객체를 인식하여 3차원 Topology 생성 기능 개발

① 수직동선 공간(계단실, 에스컬레이터, 엘리베이터 등)에 Node를 생성하고, 생성된 수직동선의 Node를 Link로 연결하여 3차원의 수직 동선을 연결하는 Topology 생성 기능 개발 완료

- 수직동선 Space에 층간 연결을 할 수 있는 Node를 생성
- 수직동선 Space에 생성된 Node를 Link로 연결하여 층간 3차원 토폴로지 생성

② 층 간을 연결하는 Topology를 생성하면 각각의 node가 어떤 node와 연결이 되는지 확인 가능

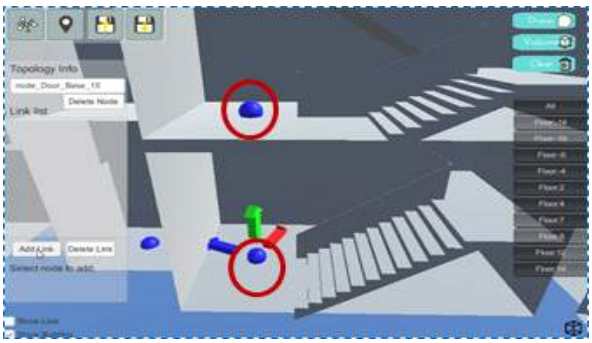


그림 523. 층간 연결을 위한 Node 생성

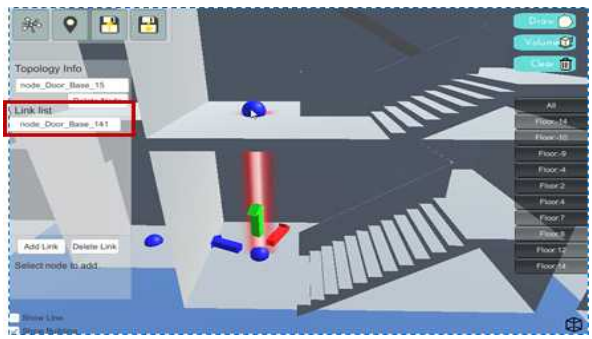


그림 524. Node를 Link로 연결

☐ IndoorGML Validation 및 Anchor Node 모듈 개발

1) IndoorGML Validation 통합모듈 개발

○ Data Validation 및 Export 기능 개발

① 변환된 IndoorGML 파일에 대한 Validator 검증 과정에서 발견된 불일치 함목을 분석하여 개선 완료

② 불일치 항목의 개선사항을 반영하여 서로 다른 포맷의 파일을 IndoorGML로 변환하는 툴의 기능을 보완하여 IndoorGML 변환의 정확도를 높여 개발

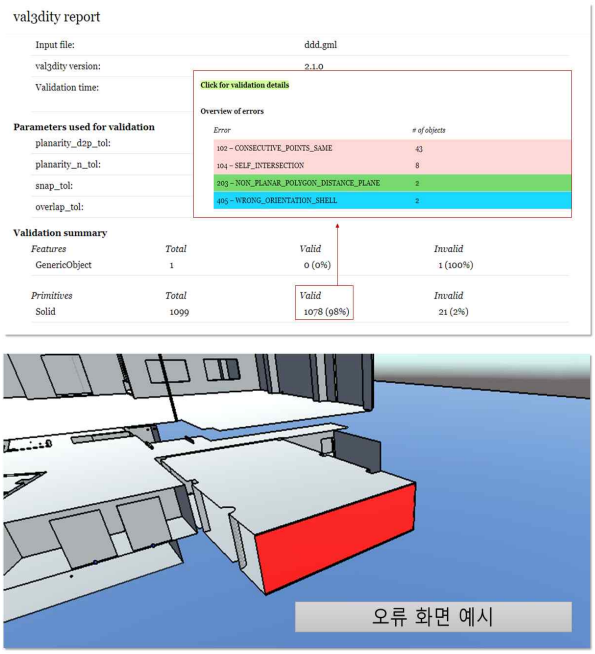


그림 525. Validator 검토결과
(불일치 항목 발견)



그림 526. Validator 검토결과
(불일치 항목 개선)

2) IndoorGML Anchor Node 모듈 개발

○ In&Out Integration 기능개발

① 실내외 공간정보 모델을 통합하기 위하여 실내공간모델에 지도상의 좌표 정보를 삽입하기 위하여 지도기반의 실내공간정보 모델 좌표 생성 툴을 개발 완료함



그림 527 In&Out 통합을 위한 Anchor node 좌표 생성 툴 화면

① 1단계 : 지도상에 건물을 배치할 지점에 형상 정보를 매칭하여 기준점을 잡아줌

② 2단계 : 기준점을 중심으로 건물의 형상 정보를 회전하여 위치를 보정

◦ 생성되는 앵커노드는 좌표값(위경도 좌표)와 회전값을 가짐

③ 3단계 : 지도 상에 배치된 모델의 Node 중에서 Anchor node 역할을 수행할 Node를 선택

④ 4단계 : 선택된 앵커노드의 정보를 IndoorGML 모델에 삽입

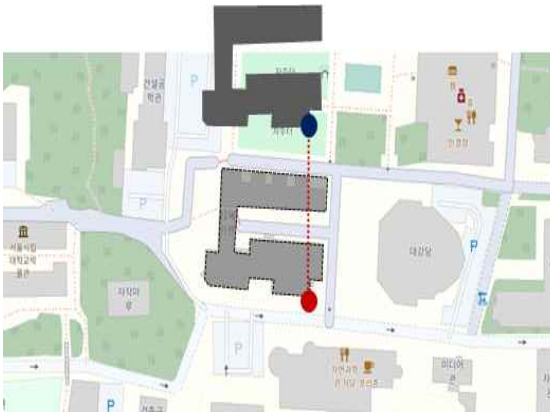


그림 528.기준점 잡기

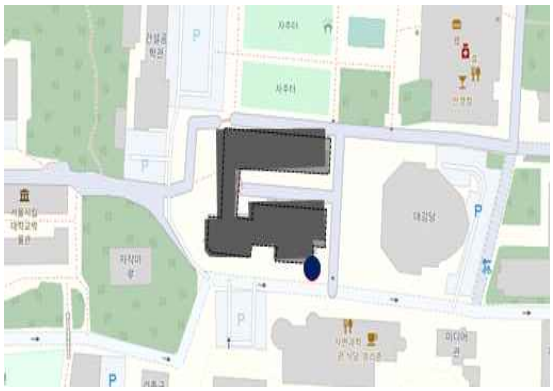


그림 529 기준점 회전으로 위치 보정



그림 530 Anchor node 생성 화면

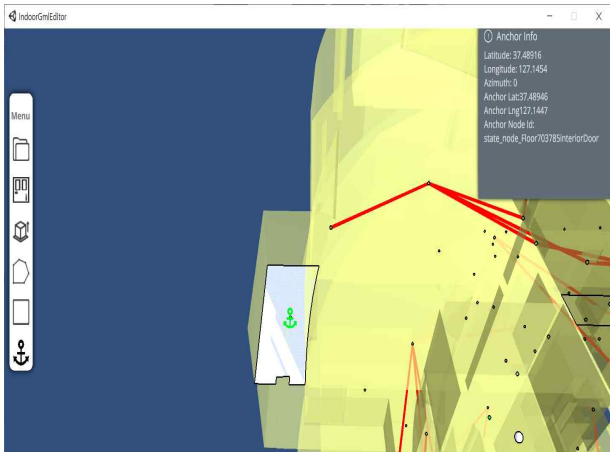


그림 531 생성된 앵커노드의 속성 정보

○ 서울시립대 21세기관 IndoorGML 적용 결과

① 변환툴을 이용하여 정의된 Rule 기반으로 IndoorGML 변환을 위한 캐드 모델링 작업 결과. Rule 기반으로 작성된 캐드 파일을 입력하면 자동으로 XML파일 파일로 변환한 후 IndoorGML 파일을 생성

② Viewer를 통해 데이터 시각화 및 공간정보 생성 확인

③ 변환된 IndoorGML 데이터에 대한 Validator를 통한 IndoorGML 정합성 확인한 결과 100%로 나와 CAD기반의 IndoorGML 변환이 성공적으로 이루어짐

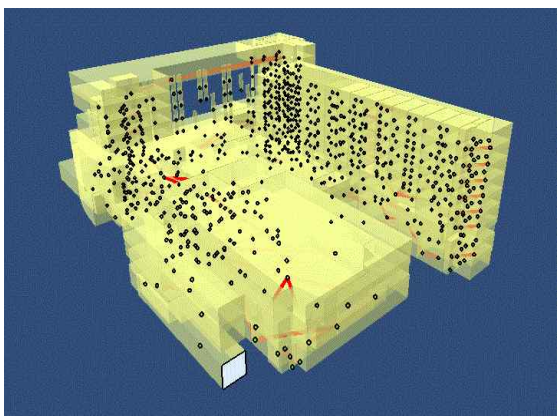


그림 532 서울시립대 21세기관 변환

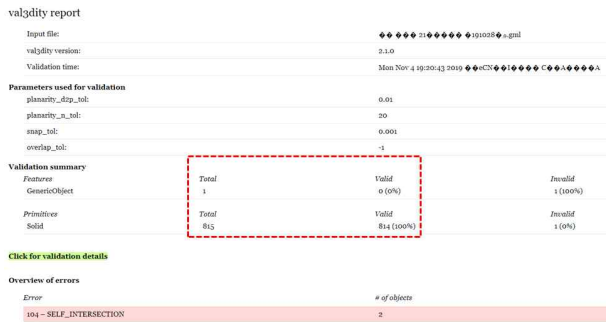


그림 533 서울시립대 21세기관 Validator 결과

○ 통합편집툴에서의 통합 변환 Import 기능 개발

① IndoorGML 파일에 대한 Import 기능, 가시화 기능, Validator 및 Anchor node 좌표 생성 툴 등 주요 기능을 통합

(4) IndoorGML 통합모델링 및 편집 기술 개발

□ 스캐치업(Sketch Up) IndoorGML 공간정보 Plug In 기능 개발

1) 실내공간정보 입력 기능 개발

○ SDK(Software Development Kit)를 활용하여 IndoorGML Plug In 개발

① Extenstion Warehouse에서 루비(Ruby)를 다운받아 스캐치업 Plug In 형식으로 쉽고 빠르게 기능 구현

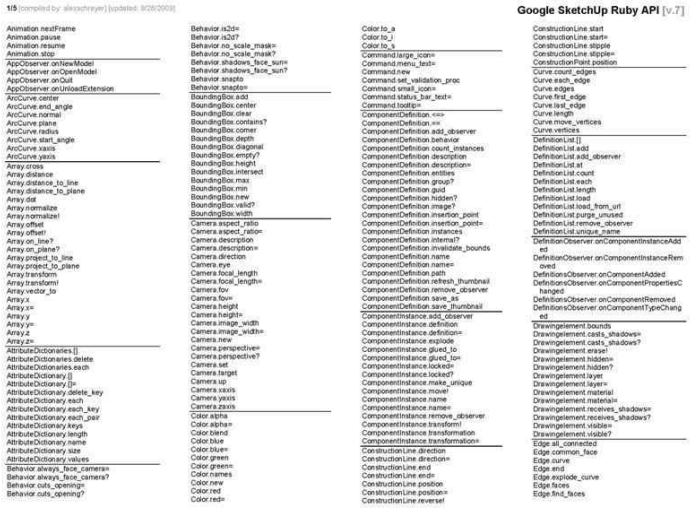


그림 534 Sketch Up Ruby API (일부)

2) 실내공간정보 입력 기능 개발

○ IndoorGML과 Sketch Up 데이터 구조의 교환에 따른 Geometry 요소

① IndoorGMI에서 Cell Space Multi Surface 또는 Solid 형태로 구성되며 Sketch Up는 Vertex, Edge, Face, Group의 구성요소가 필요

① Sketch Up Entity 기본 Class는 Edges, SectionPlanes, Groups 등과 같은 Drawingelements와 Loops, Layers 등과 같은 Drawingelements와 관련된 엔티티를 포함하여 모델에 포함될 수 있는 모든 것을 나타냄

① Sketch Up Edge Class에는 가장자리 정보를 수정하고 추출하는 메서드가 포함

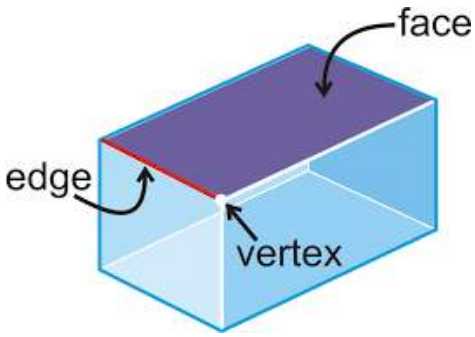


그림 535 IndoorGML Edge Class

□ IndoorGML 모델링 기능 개발 및 편집기능 UI 개발 구성

2) IndoorGML 모델링 기능 개발

○ Sketch Up에 IndoorGML 파일 Import시 IndoorGML과 Sketch Up 데이터 구조의 교환에 변환 및 생성

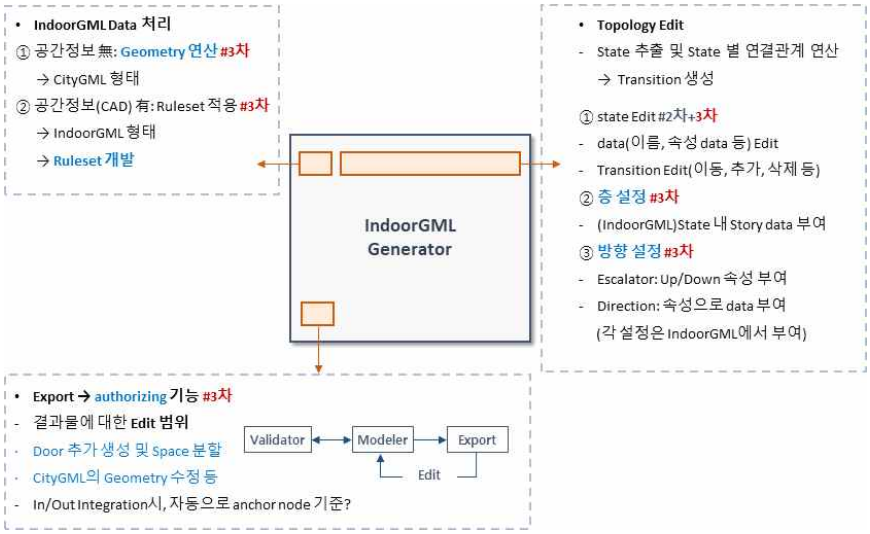


그림 536 IndoorGML 변환 주요 기능

○ UI는 웹페이지 형태로 개발되기 때문에 Html 파일에 작성하며, Sketch Up과 Html 페이지는 SDK 에서 제공하는 함수를 사용하여 값을 전달

○ IndoorGML 모델링 기능 개발 및 편집기능 UI 개발 구성

① Cell 모델링 기능 개발

② door 모델링 기능 개발

③ topology 모델링 기능 개발

④ poi 모델링 기능 개발

⑤ Floor 모델링 기능 개발

⑥ export 모델링 기능 개발

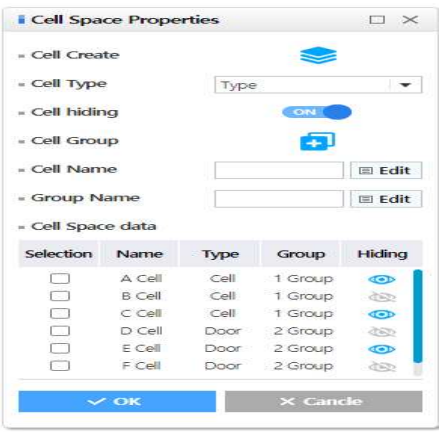


그림 537 Cell Space Properties

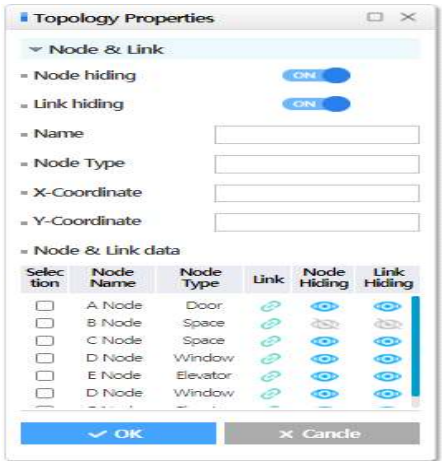


그림 538 Topology Properties

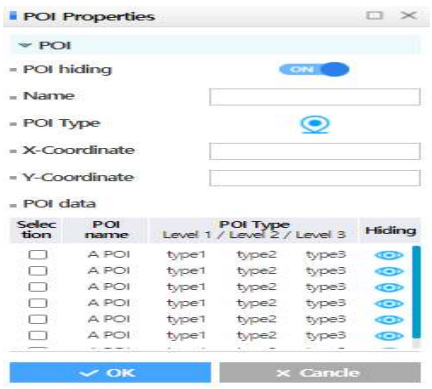


그림 539 POI Propertes

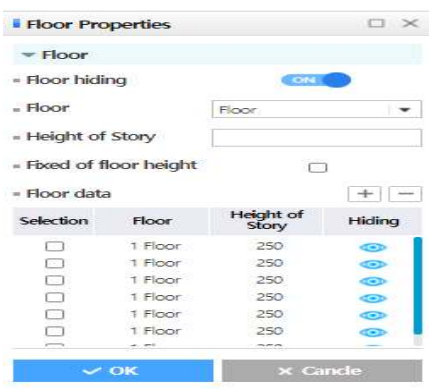


그림 540 Floor Propertes

□ 공간정보 포맷 Importing 기능 및 IndoorGML Parser 연구개발

○ 3차년도 개발한 공간정보가 없는 데이터의 Geometry 연산을 수행하여 공간 인지 및 가시화 기능 Sketch Up 통합 연계

○ Sketch Up 기반 IndoorGML Plung In 개발

표 163 Sketch Up Ruby 커스텀 클래스

IndoorGML	SketchUp	비고
Solid	Group	-
LinerRing	Face, Edge	-
Pos	Vector3d	-
State	Node	커스텀 클래스
Transition	Line	커스텀 클래스
POI	POI	커스텀 클래스
Floor	Floor	IndoorGML에서는 정식으로 Element가 정해지지 않음

① IndoorGML Importing을 위해 위와 같은 표의 변환을 거쳐 생성

② IndoorGML에는 좌표의 단위 정보가 없기 때문에 사용자가 단위 정보를 입력할 수 있도록 개발

③ 좌표 단위정보를 입력 후 IndoorGML Importing 완료

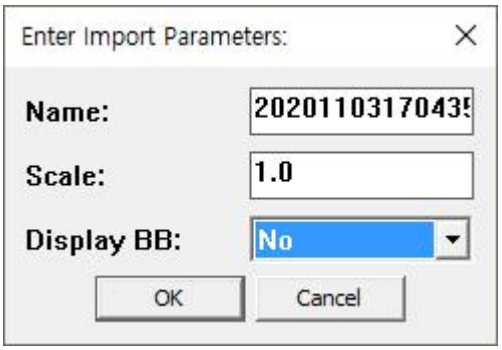


그림 541 Scale 조절

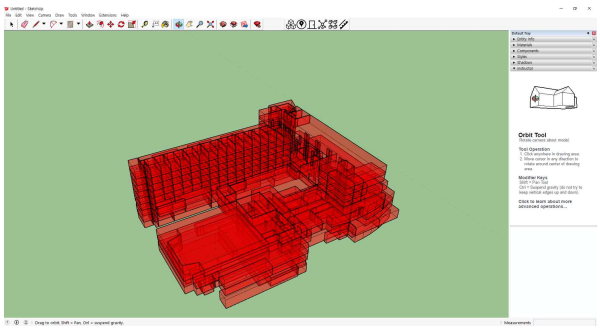


그림 542 IndoorGML Importing

1) IndoorGML 모델링 편집기능 개발

○ Cell Space 편집기능 개발

① Sketch Up 내 IndoorGML 파일을 Importing 하여 자동으로 IndoorGML 포맷으로 변환기능 구현

② 기존 Sketch Up 오브젝트를 이용하여 편집 및 Cell Space 변환기능 구현

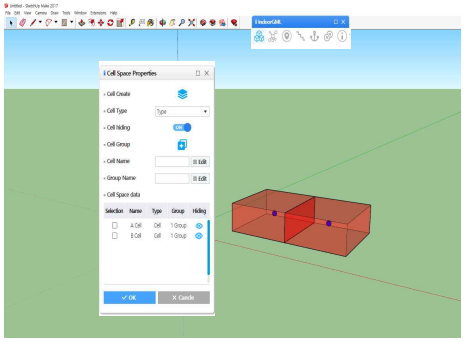


그림 543 Cell Spaace Hiding 전

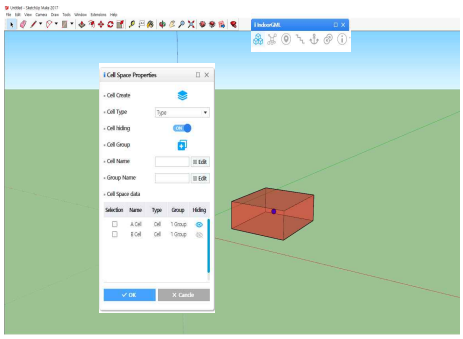


그림 544 Cell Space Hiding 후

○ IndoorGML Cell Space Type 속성 정보 편집기능

① 기존 오브젝트를 이용하여 Solid인 Cell Space 속성 Type을 변경하여 Door로 편집하는 기능 개발

② 변경된 Door 속성에 추가로 Node와 Node Link 자동생성

③ Type 변경으로 인한 Stair 기능 추가 및 Node Link 수직동선 자동생성 기능 구현

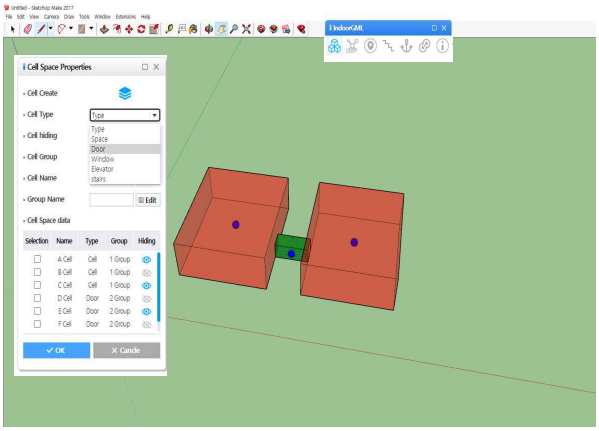


그림 545 Cell Space Type Door(초록) 변환

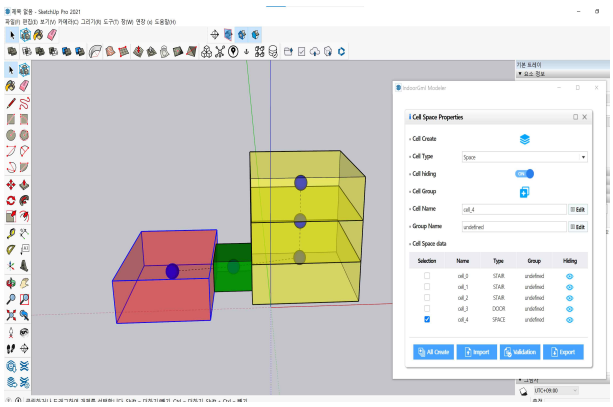


그림 546 Cell Space Type Stiar(노랑) 변환

○ Topology 편집 기능 개발

① 자동 변환된 IndoorGML 변환 동시에 Node 및 Lode Link 자동 생성되어 가시화

② Node 와 Node Link Hiding 기능 개발 완료

③ Node에 연결된 Link Data 확인 및 편집 기능 개발 완료

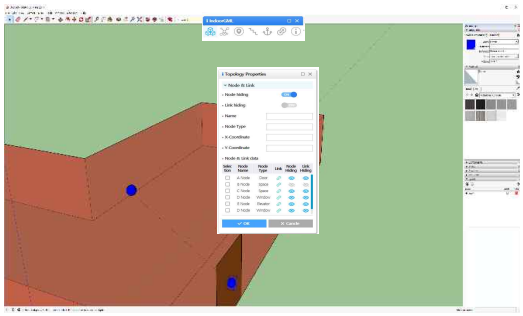


그림 547 Node 및 Node Link 자동생성

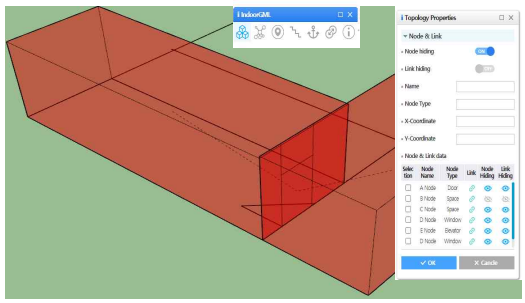


그림 548 Node 및 Node Link Hiding

○ POI 편집기능 개발

① POI 입력 기능 개발 완료

② POI Hiding 기능개발 완료

③ POI 생성시 X,Y 좌표값 자동 생성기능 개발 완료

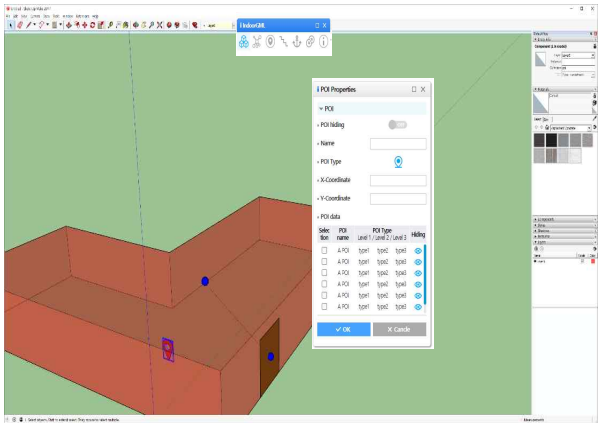


그림 549 POI 생성 기능 개발

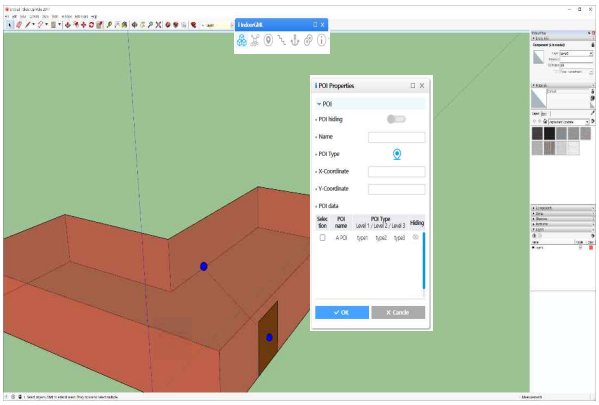


그림 550 POI Hiding 기능 개발

○ 지도기반의 좌표체계를 Anchor node 기준으로 Sketch Up 통합 연계

① 실내외 공간정보 모델을 통합하기 위하여 실내공간모델에 지도상의 좌표 정보를 삽입하기 위하여 지도기반의 실내공간정보 모델 좌표 생성 툴을 3차년도 개발 완료함

② 개발된 생성 툴을 Sketch Up 통합연계하여 좌표정합기술 통합 연계

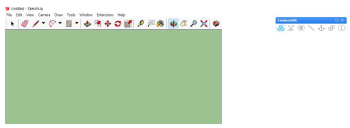


그림 551 서울시립대 21세기관 Anchor Node

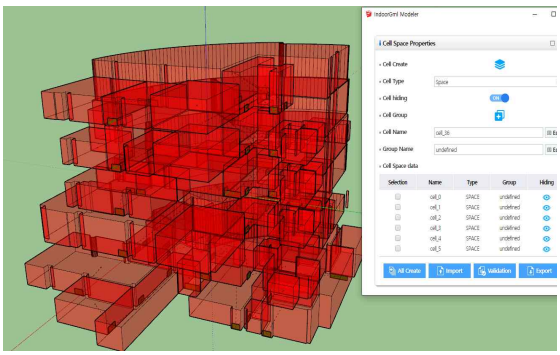
☐ IndoorGML 표준 검증 기능 통합 구현

○ Sketch Up 내 Validator 버튼을 눌러 편집 상태에서 상시 정합성 체크 가능하도록 기능 통합 구현

① 1단계 : Sketch Up PlugIn 작업창 중, Validation 실행

① 2단계 : 자동으로 Validation 파일 실행

① 3단계 : 생성된 검증 결과 Report 파일 확인



val3dity report

Input file:	temp.gml
val3dity version:	2.1.0
Validation time:	Tue Dec 15 10:46:34 2020 ??eCN??I???? C??A????A

Parameters used for validation

planarity_d2p_tol:	0.01
planarity_n_tol:	20
snap_tol:	0.001
overlap_tol:	-1

Validation summary

Features	*Total*	*Valid*	*Invalid*
GenericObject	1	0 (0%)	1 (100%)
Primitives	*Total*	*Valid*	*Invalid*
Solid	48	47 (98%)	1 (2%)

그림 552 Sketch Up 내 IndoorGML 편집 후 정합성 검증

□ 통합편집툴에서의 공간정보 변환 Export 기능 개발

○ Data 처리

① Cell with hole: IndoorGML→non-navigable space

○ Topology 생성

① Story: IndoorGML의 Space 내의 State에 Story data 부여

① 방향성: Escalator에 up&down 속성부여(direction은 IndoorGML 에 부여)

○ Export 기능

① Logical-NRG(Connectivity Logical-NRG는 Sub-division 후 G-NRG로 처리) IndoorGML으로의 authorizing 기능: node와 edge에 대한 편집 가능

① In&out Integration 기능: anchor node 기준으로 좌표체계 통합 연계

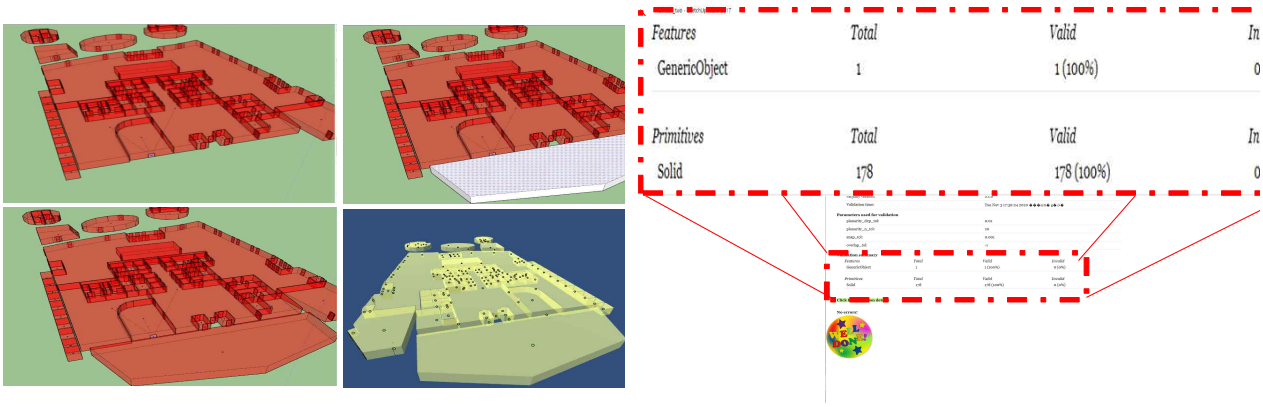


그림 553 Sketch Up 기반 IndoorGML 편집 및 Export 검증

□ 전문가 평가를 통한 연구 결과 검증

○ 관련분야 전문지식과 KS인증 심사업무를 수행할 수 있는 기관인 “한국건설생활환경시험연구원(Korea Conformity Laboratories)의 인증시험 검증

○ ISO/IEC 25023, ISO/IEC 25051에 따라 상용툴에서 IndoorGML로 로딩/가시화 시간에 대하여 한국건설생활환경시험연구원이 수행하고 결과를 확인



그림 554 KCL 시험성적서

(5) IndoorGML 통합모델링 및 편집 기술 고도화

☐ IndoorGML 통합 모델링 및 편집 기능 고도화

○ Sketch Up기반 Plug In 고도화 기능 개발

① Import 시 기존 IndoorGML 내 Door, Stair, Cell Space 등 자동 변환

② Sketch Up 기반 기능 내 UI 추가 (Validator 가시화)

③ Sketch Up 내 Import시 속도, 단위, 스케일, 좌표 등 추가를 통해 위치별, 스케일별 변환 가능한 기능 구현

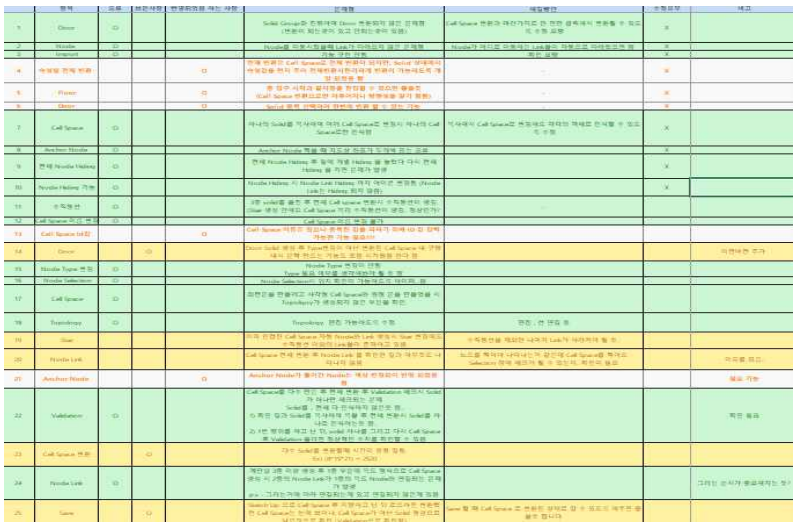


그림 555 IndoorGML 통합모델링 편집 기능 고도화 기능 정리

☐ Sketch Up IndoorGMl IndoorGML 교육

○ 서울시 3월 24일 ~ 25일 실내구축사업단 Sketch Up IndoorGML Plug In 구축 기술 교육 실시

① CAD 도면 기반 Sketch Up IndoorGML 변환 방법 교육

② Sketch Up 모델링 IndoorGML 변환 방법 교육 (남산청사)

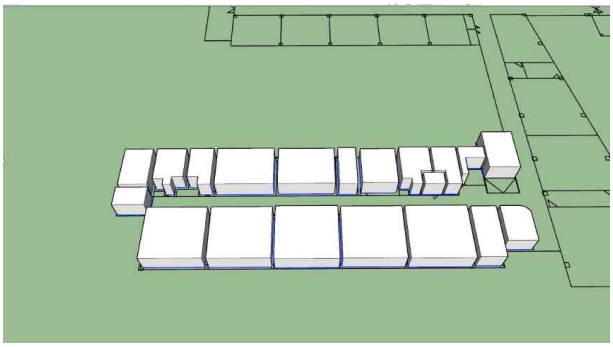


그림 556 CAD 도면 기반 Sketch Up Solid 구축

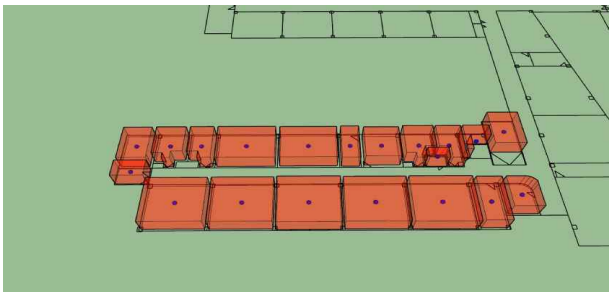


그림 557 CAD 도면 기반 IndoorGML Cell Space 변환

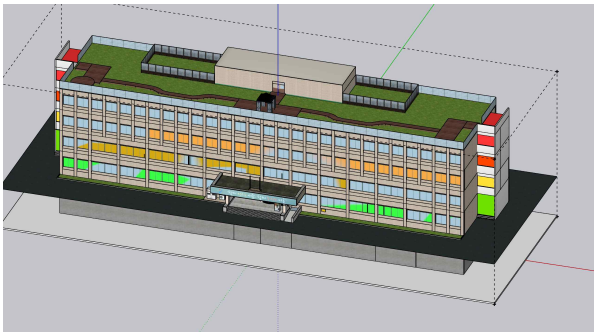


그림 558 Sketch up 모델링 (남산청사)

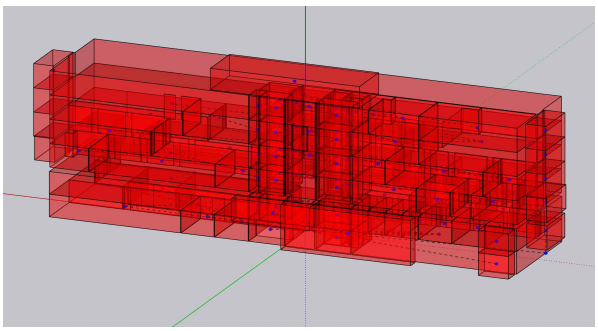


그림 559 Sketch Up 기반 IndoorGML 변환

☐ Sketch Up 공간정보 모델링 IndoorGML 변환 기술 개발

○ skp 도면으로 구축된 파일을 IndoorGML 형태로 편집 가능한 기술 개발

○ 기존 Sketch Up 모델링 IndoorGML 변환을 위한 Rule Set 정의

① Sketch Up 내 CAD 파일을 Importing 하여 IndoorGML 포맷으로 변환 확인

② 변환을 위해 층별(Floor) Room Data(RM)와 Door, Stair 공간을 Layer 구분

③ 구분된 Layer별 IndoorGMl 변환을 통해 구축 진행

④ 구축이 필요한 부분은 Sketch Up 기본 수정기능을 통해 추가 및 변환 진행

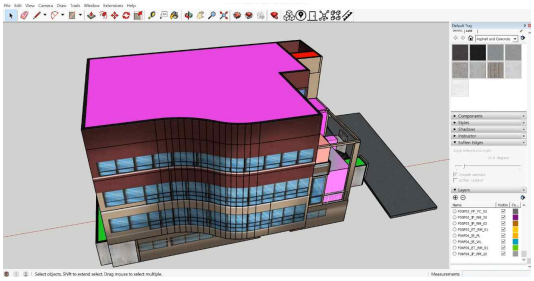


그림 560 Sketch Up 내 SKP 도면

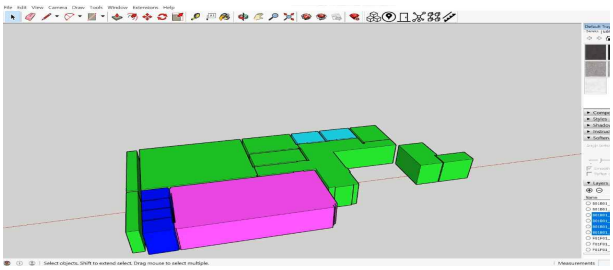


그림 561 Rule Set기반 RM Layer 구분 (예시)

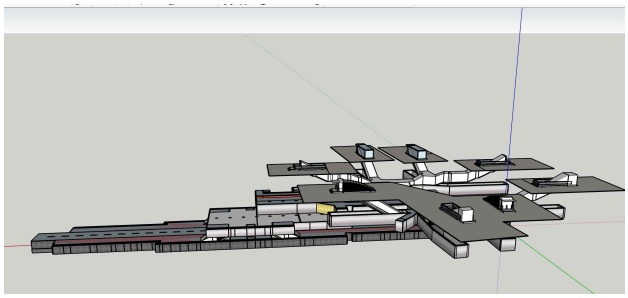


그림 562 내방역 Sketch Up 모델링

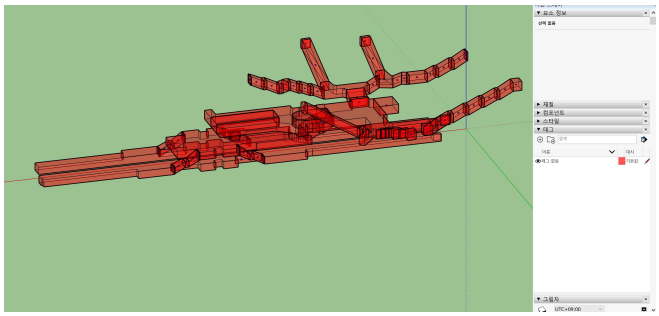


그림 563 내방역 IndoorGMl 변환

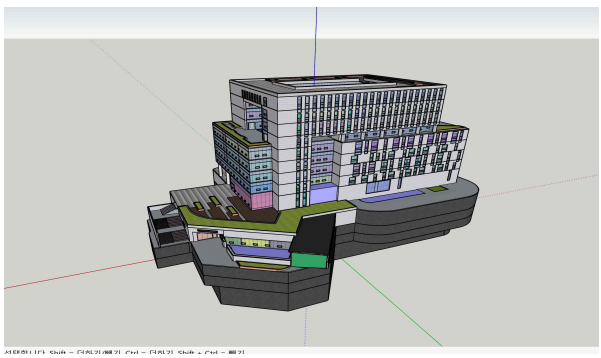


그림 564 동덕여대 기숙사 Sketch Up 모델링

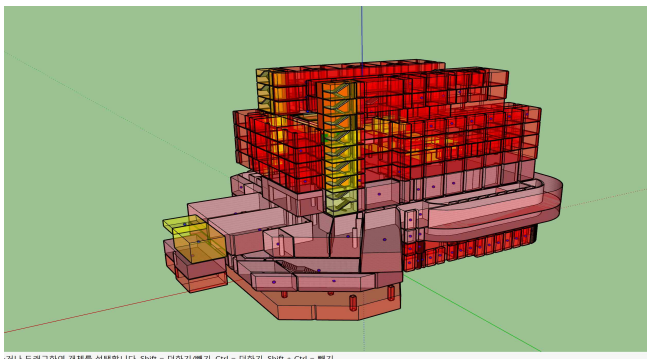


그림 565 동덕여대 기숙사 IndoorGMl 변환

○ Sketch Up기반 CityGML 모델링 IndoorGML 변환을 위한 Rule Set 정의

① CityGML 모델링 Surface 분류
(InteriorWallSurface, FloorSurface, ClosureSurface, CeilingSurface, Door, Window 등)

② FloorSurface Layer를 킨 후 Sketch Up 기본 편집기능을 통해 solid를 만들어 준 뒤 CeilingSurface까지 Pull 하여 Solid 구축 작업을 실시

③ Door 같은 경우 Line으로 표출되어 있기 때문에 기본 편집기능을 통해 Solid화 작업 진행

④ Window 같은 경우 InteriorWallSurface에 Line으로 표출되어있으나 Sketch Up IndoorGML 내 Winodow Type 변경에 대한 정의가 없어 전체 Room을 Cell Space로 표출하여 정의함

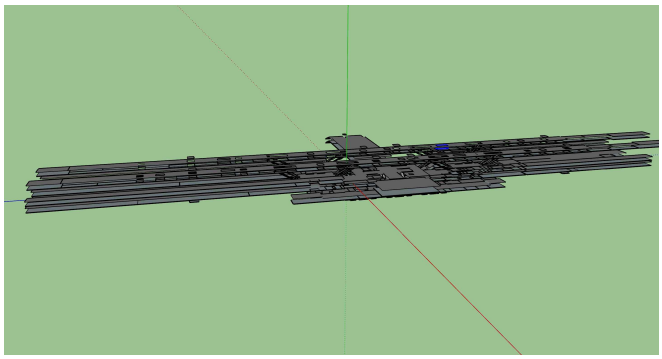


그림 566 Sketch Up 기반 CityGML 모델링
(천안아산)

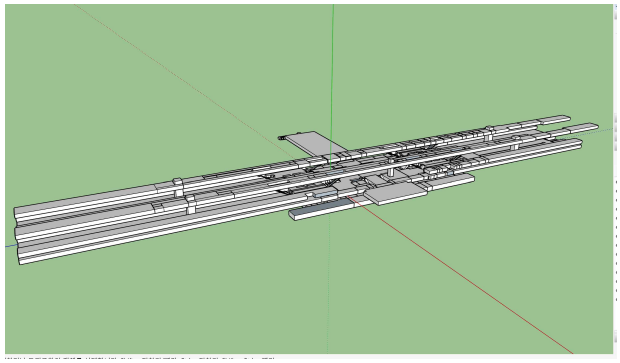


그림 567 Sketch Up IndoorGML Rule Set 모델링 변환
(천안아산)

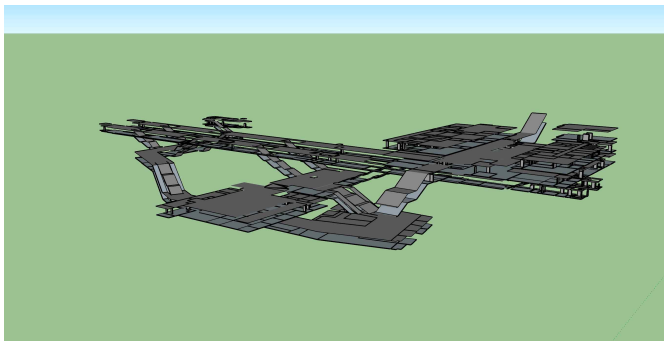


그림 568 Sketch Up 기반 CityGML 모델링
(부평역)

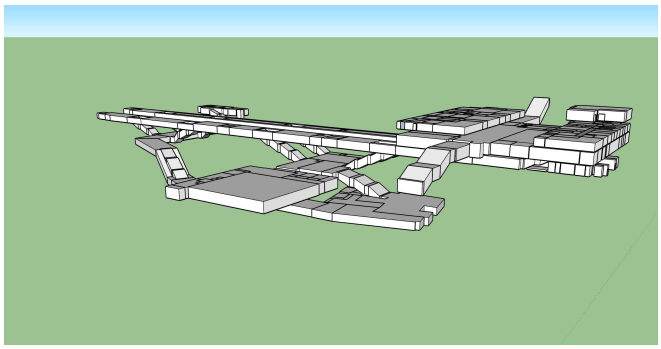


그림 569 Sketch Up IndoorGML Rule Set 모델링 변환
(부평역)

☐ IndoorGML 표준 검증 기능 고도화

○ IndoorGML 공간 모델링 정합성 검증 기능을 통해 InValid 검토결과를 가시화하는 기능 개발

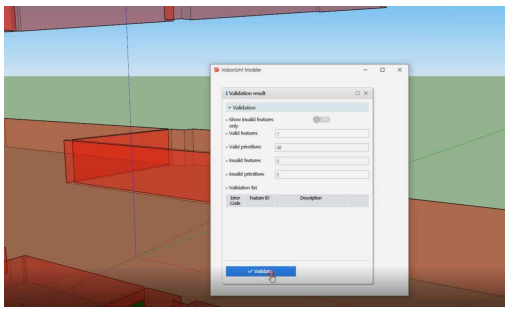


그림 570 Validaton result 가시화 모듈 시작

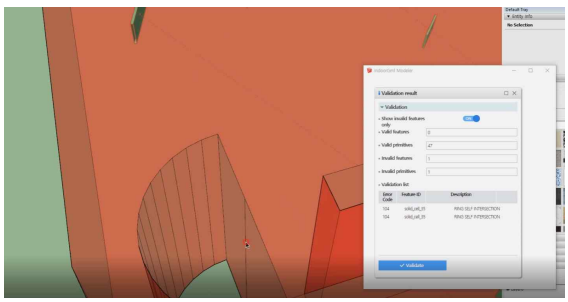


그림 571 가시화된 부분 확인 및 수정

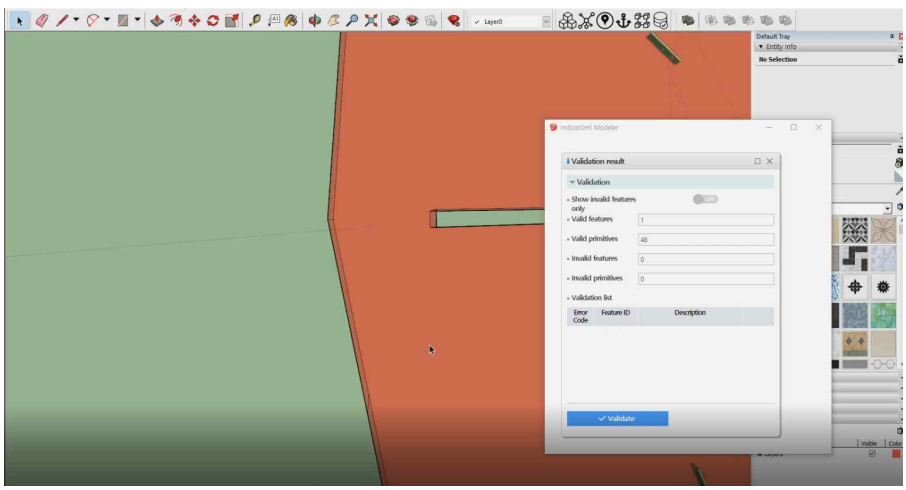


그림 572 수정 후 Validation result 창 확인

□ 서울시 에스플렉스센터 IndoorGML 모델링 실증(현장적용)

○ 17층 1동, 21층 1동이 지하주차장 및 공중연결 통로로 연결된 복잡한 구조인 서울시 에스플렉스 센터 건물에 대한 IndoorGML Modeling 실증

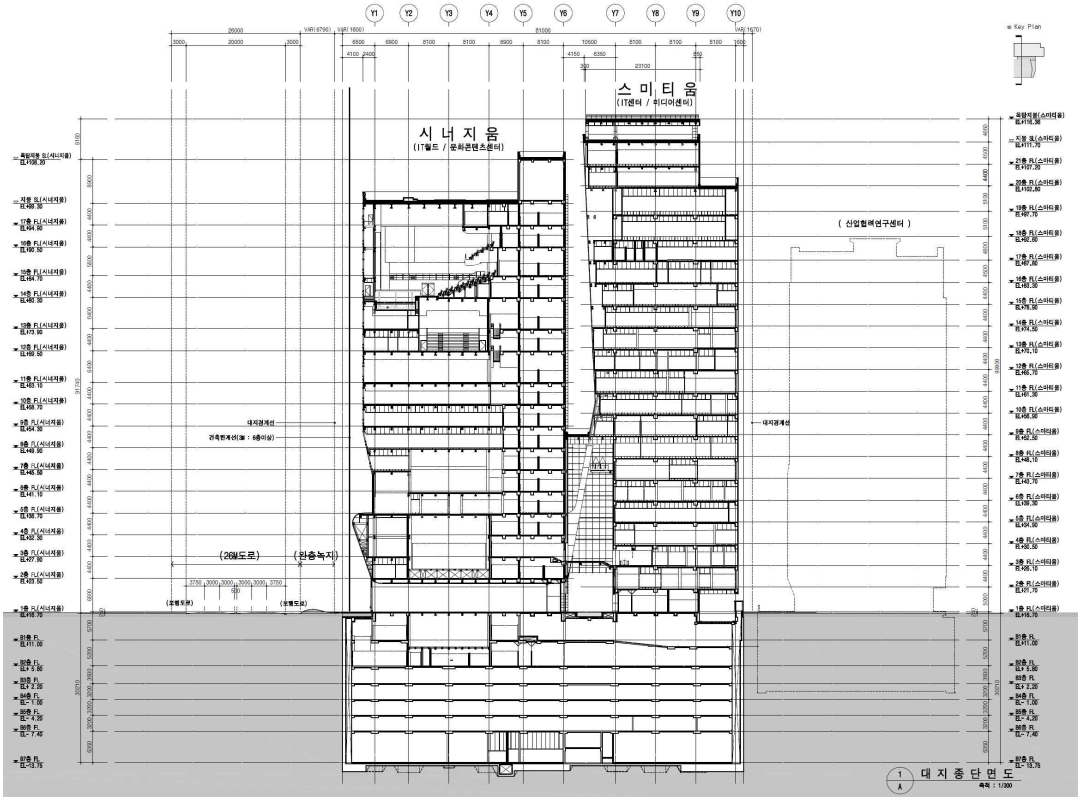


그림 573 서울시 에스플렉스 종단면 개요도(시너지움동/스미티움동)

○ Sketch Up 기반 IndoorGML Editor Plug-In을 사용한 모델링 결과

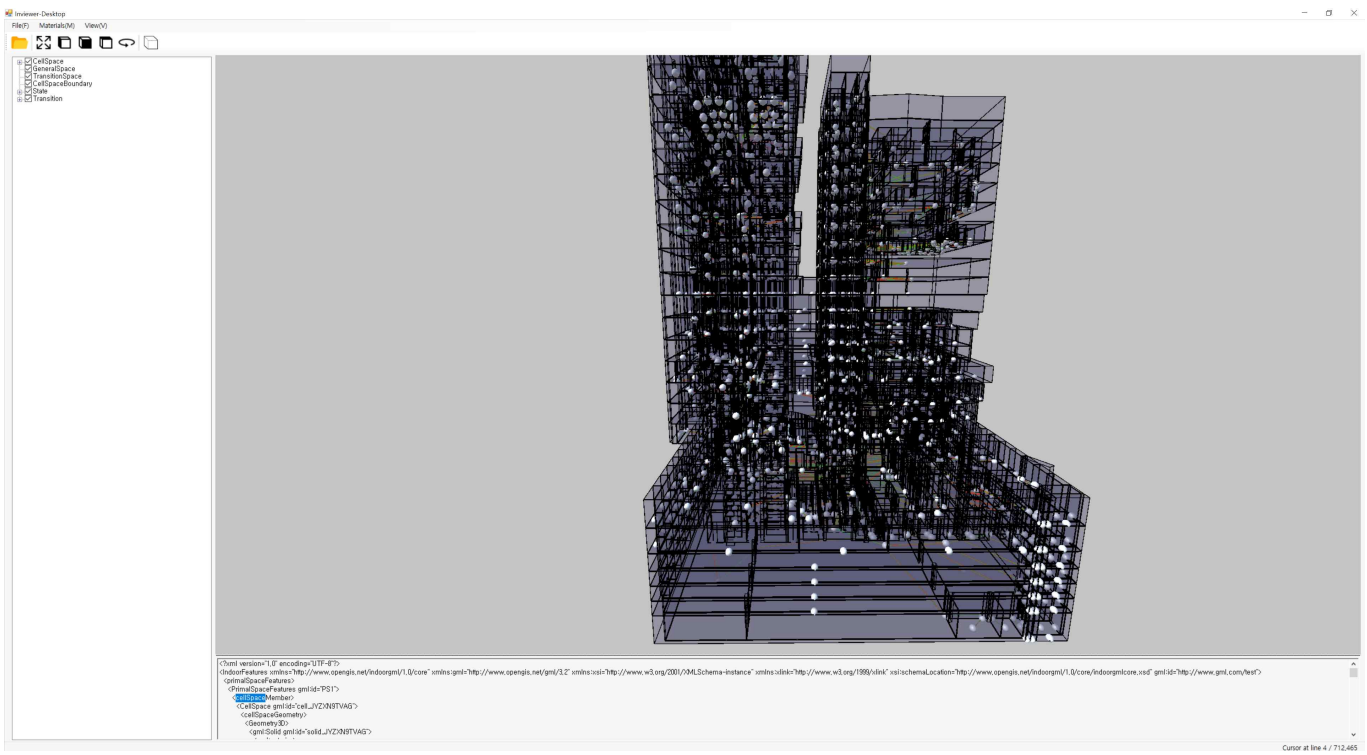


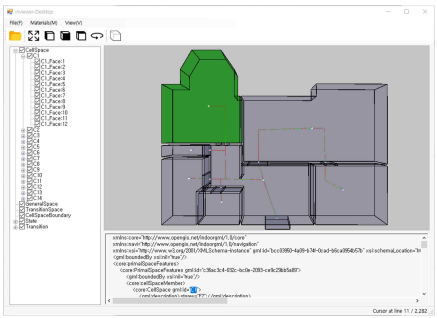
그림 574 서울시 에스플렉스 센터 IndoorGML 모델링 실증 결과

2-1 BIM/CAD 기반 실내공간정보 구축 자동화 기술 개발 한국건설기술연구원

연구목표	최종성과물
BIM/CAD 기반 실내공간정보 구축 자동화 기술 개발	AutoCAD/Revit 기반 실내공간정보 구축 자동화 SW

AS-IS

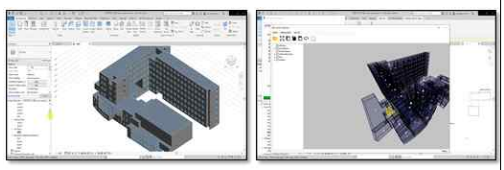
- 본 연구 착수 초기에는 IndoorGML 제작을 지원하는 SW인 InEditor와 IndoorGML 데이터 뷰어인 InViewer만이 오픈소스로 개발되어 있었음
- 실내공간과 관련한 가장 많은 원천 자료는 건축도면인 CAD 자료이나 정확한 CAD 정보를 바탕으로 IndoorGML을 저작할 수 있는 SW는 없었음
- 최근 건축설계에서 BIM(Revit) 데이터를 활용하는 사례가 늘고 있으나, 이를 지원하는 SW는 없었음



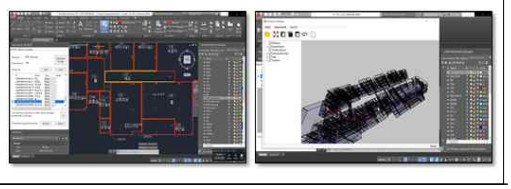
TO-BE

- 본 연구에서는 건물 설계단계에서 생산되는 *.dwg 및 *.rvt 자료를 재사용하여 IndoorGML을 직접 저작하기 위한 프로세스를 설계하고, 건축설계 분야에서 가장 널리 사용되고 있는 AutoCAD 및 Revit 프로그램 환경에서 운용 가능한 Plug-In를 개발
- AutoCAD2IndoorGML 및 Revit2IndoorGML Plug-In을 개발, 이를 다수의 실제 사례에 적용하여 성능을 테스트하고 공인인증기관(KCL)의 인증을 획득함

Revit2 IndoorGML Plug-In



AutoCAD2 IndoorGML Plug-In

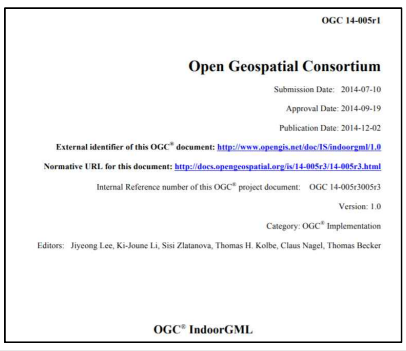


2-2 실내공간정보 표준화 및 실내외 공간정보 연계기술 개발 서울시립대학교 산학협력단

연구목표	최종성과물
실내공간정보 표준화 및 실내외 공간정보 연계 기술 개발	실내공간정보 국제/국내표준 및 실내외 연계 알고리즘 개발

AS-IS

- 본 연구단에 앞서 추진된 '실감형 공간정보 구축기술개발(2012~2016)' 연구를 통해 국내 연구진이 주축이 되어 2014년 OGC IndoorGML 1.0 국제표준이 처음 제정되었으나, 국내표준은 제정되지 않음
- 1.0의 국제표준은 개발되었으나, IndoorGML 확장모델 및 실내외 연계 방안 연구는 거의 진행되지 않음
- 또한, IndoorGML에 대한 논리적 적합도 판정을 위한 검증도구도 개발되지 않음


OGC 14-005r1

Open Geospatial Consortium

Submission Date: 2014-07-10

Approval Date: 2014-09-19

Publication Date: 2014-12-02

External identifier of this OGC® document: http://www.opengis.net/doc/IS/indoorgml/1.0

Normative URL for this document: http://docs.opengeospatial.org/is/14-005r3/14-005r3.html

Internal Reference number of this OGC® project document: OGC 14-005r3/3005r3

Version: 1.0

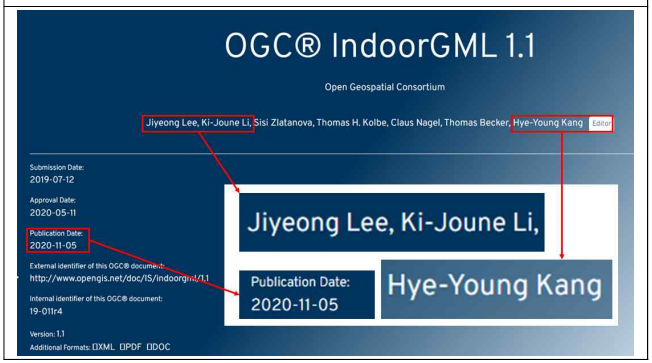
Category: OGC® Implementation

Editors: Jiyeong Lee, Ki-Joune Li, Sisi Zlatanova, Thomas H. Kolbe, Claus Nagel, Thomas Becker

OGC® IndoorGML

TO-BE

- 본 연구 참여 연구진을 중심으로 국내 연구성과를 국제 표준에 반영코자 지속적으로 노력하여, 2020년 11월 5일 IndoorGML v1.1로 개정됨
- 국내 실정에 맞는 실내 공간정보 데이터모델을 TTA 표준안으로 제출하고, 2021년 TTA 표준으로 제정됨
- 또한, 실내외 네비게이션을 위한 알고리즘 개발 연구 성과를 바탕으로 다수의 SCI(E) 논문을 발표하고, 지속적으로 국제 표준에 반영하기 위해 노력 중

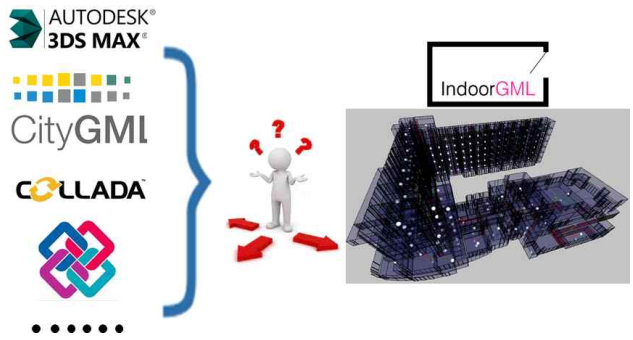


2-3 실내공간정보 저장 및 관리 지능화 기술 ㈜올포랜드

연구목표	최종성과물
실내공간정보 관리지능화 요소기술 및 클라우드 기반 실내공간정보 관리기술 개발	데이터경량화/포맷변환자동화/IFC2IndoorGML변환 기술 및 클라우드 기반 실내공간정보 관리 체계(PaaS)

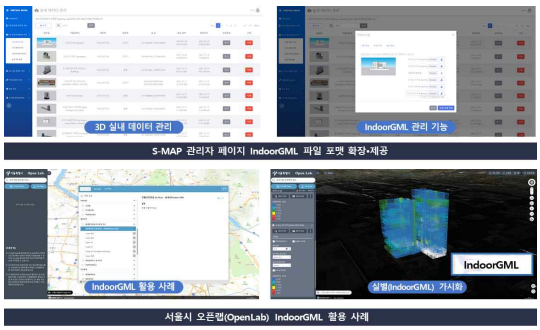
AS-IS

- 실내정보를 표현할 수 있는 데이터 포맷으로는 3ds, KML, CityGML, IndoorGML, IFC, Obj 등 다양한 형식이 있으나, 이를 실내공간정보(특히, IndoorGML)로 변환하는 변환 도구는 상용 FME 정도였으며, 이 역시 파일단위 변환에 그침. 또한, 실내 객체에 대한 경량화 기술 또한 자동화 되지 않음
- 기존 실내정보 파일을 개별 파일단위로 관리하고 있었으며, 이를 데이터베이스화하여 관리, 갱신, 조회하는 기술 및 클라우드 환경에서 운영가능한 기술은 전무하였음



TO-BE

- 본 연구를 통해 데이터 경량화 기술, 포맷변환기술, IFC2IndoorGML변환 기술 등이 개발되었으며, 이를 클라우드 환경의 PaaS형 서비스로 구현함
- PaaS형 서비스 구현을 위한 실내공간정보 데이터 Parsing을 통한 DB 적재 기술 및 부분 갱신 기술 등을 개발하였으며, 사용자 권한 설정 기능, 기본 클라우드 프로젝트 생성 기능 등 클라우드 서비스 제공을 위한 기반 환경을 개발하였으며, 이를 서울시 S-Map 실내공간정보 운영에 적용하여 실증함



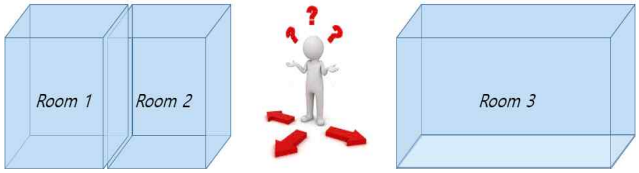
<서울시 S-Map 적용 예시>

2-4 실내외 공간정보 토폴로지 및 POI 편집 기술 개발 ㈜유엔이

연구목표	최종성과물
실내공간정보 표준 기반 편집도구 개발	Sketch Up 기반 IndoorGML 모델링 SW

AS-IS

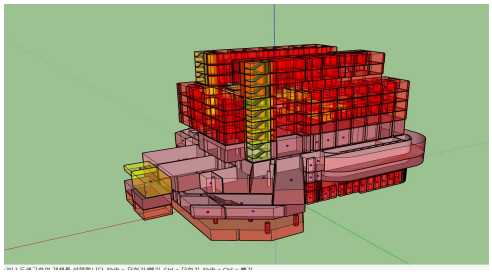
- 본 연구 착수 초기에는 IndoorGML 제작을 지원하는 SW인 InEditor와 IndoorGML 데이터 뷰어인 InViewer만이 오픈소스로 개발되어 있었음
- 다만, 기능이 한계로 기 제작된 IndoorGML에 대한 가공 및 편집(예 : 공간분할, 공간병합 등)을 지원하지 않아 실내공간에 변경이 있을 경우, 이를 수정하기 매우 어려운 환경
- 편집도구 부재로 인해 CityGML이나 3ds로 제작된 국내 실내공간정보 구축 성과 재활용을 할 수 없었음



<기존 IndoorGML 객체 편집도구 부재>

TO-BE

- 3차원 공간 편집 기능이 우수한 Sketch Up SW를 바탕으로 IndoorGML 객체를 신규 제작하거나 편집 가능한 편집도구를 개발함
- Sketch Up Extension Warehouse에 공식 등록됨
- 서울시 실내공간정보 사업단 성과물 제공 및 교육, 서울시에서 제공받은 에스플렉스 센터에 대한 IndoorGML 모델 제작을 통한 성과 검증 실시
- IndoorGML Validator인 Val3dity를 통한 검증 기능 포함



<Sketch Up 기반 IndoorGML Editor 모델링 결과>

(차) 3-1 주관 (부산대학교 산학협력단)

① 전체 시스템 구조 설계 및 연계

• Data Flow 정의

- 세부과제에서 생산되는 데이터는 아래와 같은 Data Flow 으로 요약

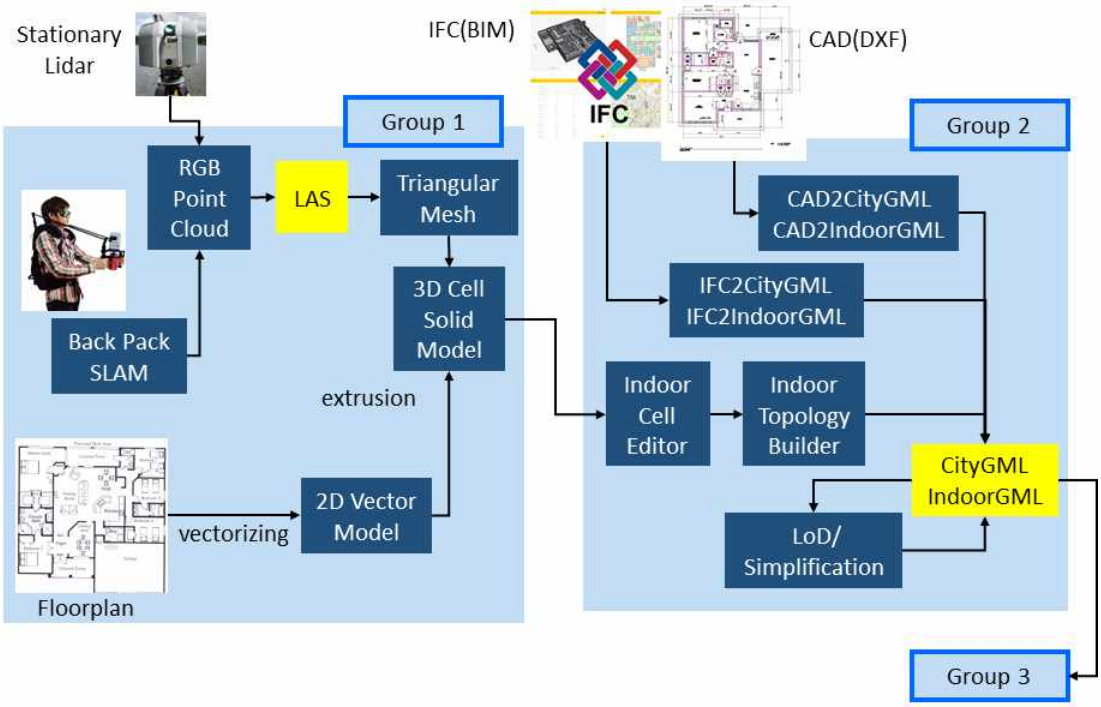


그림 579. 데이터 구축에서 IndoorGML 데이터 가공까지

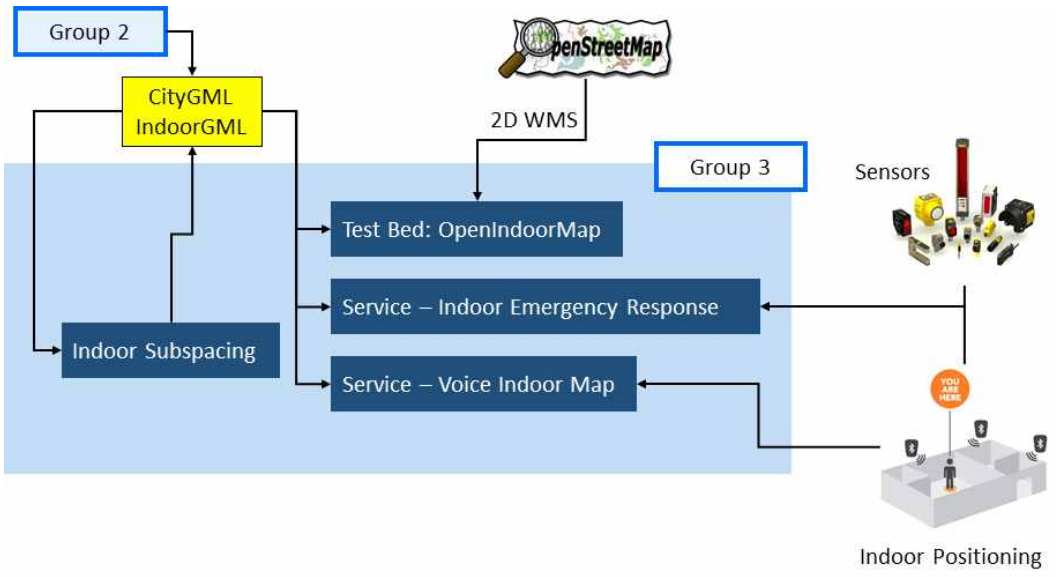


그림 580 가공된 IndoorGML 데이터의 활용

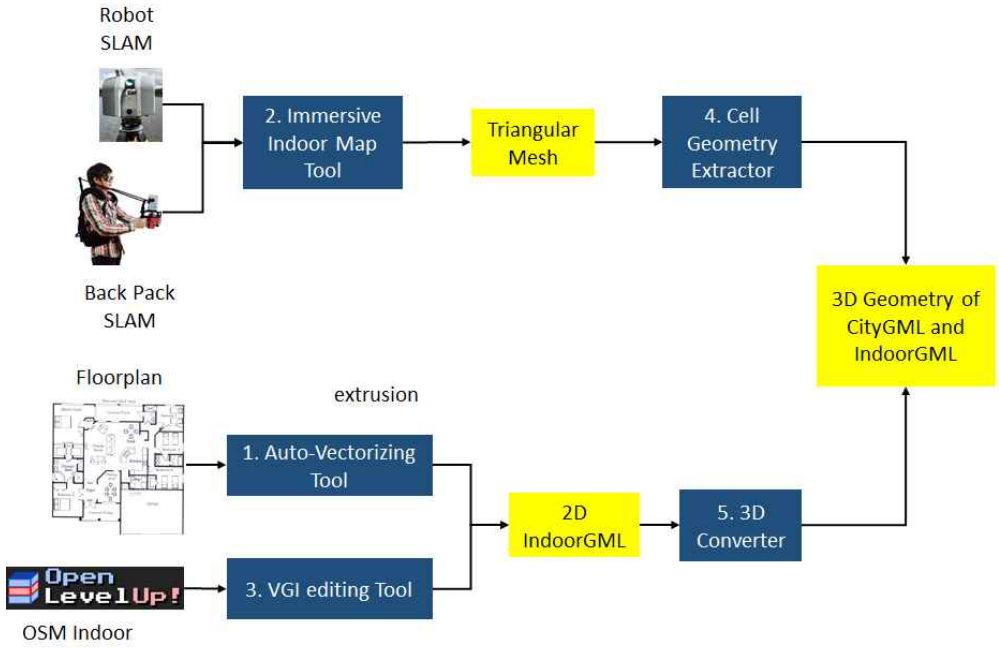
- 1세부에서 생산되는 데이터: IndoorGML 및 CityGML의 기하데이터로,
  1) IndoorGML의 Cell Geometry – CellSpaceBoundary, CellSpace,
  2) CityGML의 _BoundarySurface
  3) 개별 객체의 ID
- 2세부에서 생산되는 데이터: IndoorGML 및 CityGML에 추가의 정보
  1) 이름 및 속성
  2) 문/창문

3) 연결성(위상)
4) POI
5) Sensors
6) 주요 장애물 또는 Furnitures

- 3세부에서 생산되는 데이터: 응용을 위하여 추가되는 정보
1) 음성지도를 위한 Landmark 정보
2) 시각장애인 안내를 위한 정보
3) Voxel화된 3차원 공간지도
4) OpenIndoorMap을 위한 F4D 포맷의 데이터

• 1세부의 세부 시스템 구조

- 위의 Data Flow를 위하여 1세부과제에서 개발되는 기술의 시스템 구조는 아래의 그림과 같음



1] Auto-Vectorizing Tool: 청사진으로 주어지는 각종 도면을 스캔하고, 이를 자동인식하여 2차원의 실내공간정보를 IndoorGML로 생산하는 도구

2] Immersive Indoor Map Tool: 다양한 SLAM 도구 또는 공간 스캐닝 도구로 주어지는 Point Cloud를 삼각형 메쉬로 실내공간 지도를 생산하는 도구

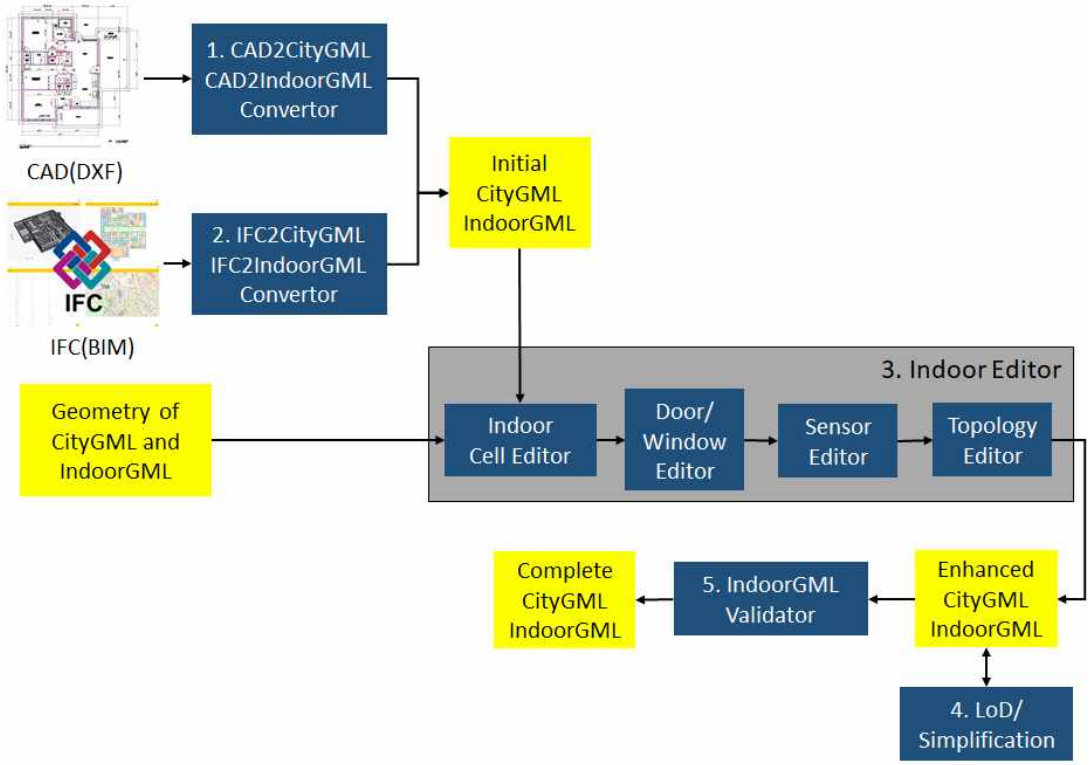
3] VGI editing Tool: OpenStreetMap과 같이 일반 사람이 직접 사용할 수 있는 2차원 실내지도 편집 도구

4] Cell Geometry Extractor: 삼각형 메쉬로 주어지는 실내의 단위공간 가하정보를 Solid의 기하정보로 변환

5] 5D Converter: 2D IndoorGML로 생산된 정보를 3D IndoorGML로 변환

• **2세부의 세부 시스템 구조**

- 위의 Data Flow를 위하여 2세부과제에서 개발되는 기술의 시스템 구조는 아래의 그림과 같음



1] CAD2CityGML, CAD2IndoorGML Converter: CAD로 주어지는 실내공간 도면을 IndoorGML 및 CityGML로 각각 변경하는 도구

2] IFC2CityGML, IFC2IndoorGML Converter: IFC로 주어지는 실내공간 도면을 IndoorGML 및 CityGML로 각각 변경하는 도구

3] Indoor Editor: 실내단위공간 별로 주어지는 기하정보에 그 외 필요한 주요 데이터를 편집하는 도구로, 단위실내 공간의 ID, 속성, 문/창문, 센서, 위상연결 등의 정보를 추가하는 기능을 가지고 있음

4] LoD/Simplification: 응용에 따라 적절하게 실내공간의 정보를 단순화시키는 기능

5] IndoorGML Validator: 최종적으로 만들어진 IndoorGML 및 CityGML의 무결성을 검증하는 도구

• **3세부의 세부 시스템 구조**

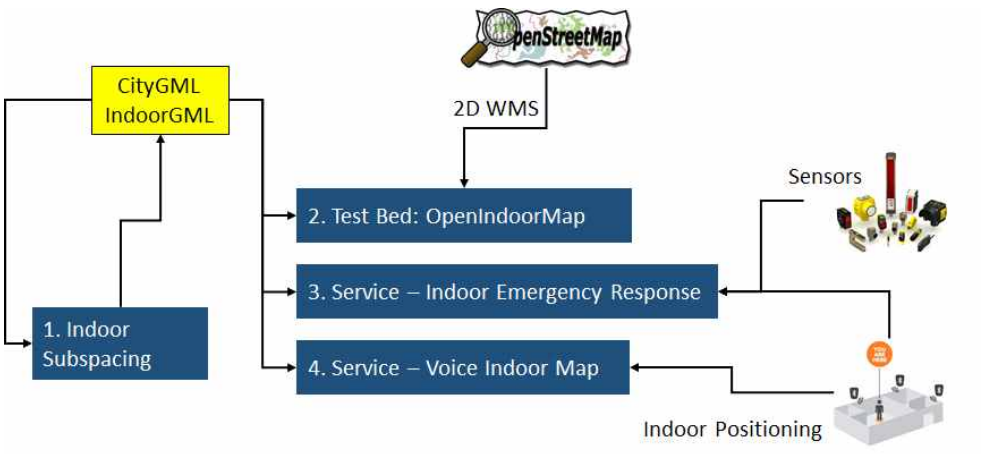
- 3세부과제에서 개발되는 기술의 시스템 구조는 아래의 그림과 같음

ㅊIndoor Subspacing: 실내공간의 유형에 따라 너무 큰 공간을 적절하게 분할하는 기능

2] OpenIndoorMap: OpenStreetMap을 3차원 실내로 확장하여 서비스하는 테스트베드. 모든 IndoorGML 및 CityGML 데이터는 이 OpenIndoorMap에서 서비스가 되어야함

3] Indoor Emergency Response: 실내 화재시 소방관이 재실자의 정보와 실내공간의 구조를 파악하여 적절하게 구조 계획을 세울 수 있도록 지원하는 서비스. 이 서비스를 위하여 초기의 재실자 파악을 위한 센서 인프라가 필요하며 IndoorGML 및 CityGML은 필수적인 장보로 사용

4] 시각장애인을 위한 Indoor Voice Map: 시각 장애인에게 실내공간 지도를 음성을 제공하는 서비스. 이 서비스는 Wayfindr에서 정의된 시각 장애인 지원 서비스 요구사항을 만족하며, 음성지도는 IndoorGML의 확장으로 정의된 모델로 구축



② 테스트베드 구축

(가) 테스트베드의 구성

- 본 연구에서 구축하는 테스트베드는 아래의 그림과 같이 크게 테스트베드 데이터와 IndoorGML을 지원하는 도구로 구성
- 실제로 존재하는 사이트를 대상으로 IndoorGML로 만들어진 데이터를 제공
- IndoorGML을 다루는데 필요한 다양한 도구를 지원

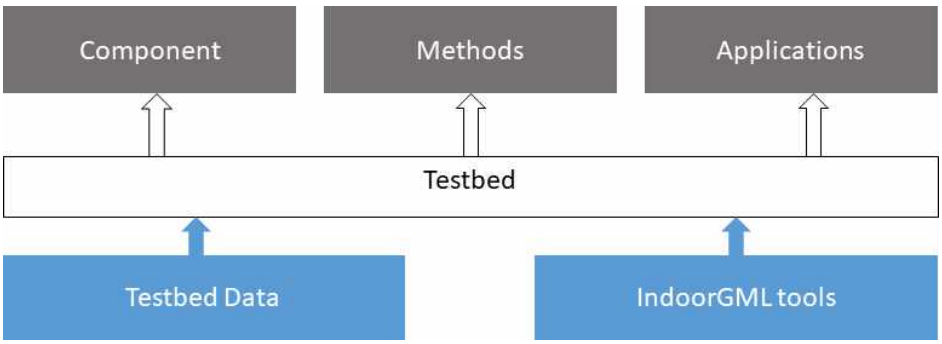


그림 584 Testbed의 구성

(나) 테스테베드 사이트 선정

- 서울시립대
  1] 목적: 실내재난대응솔루션 및 1세부, 2세부 성과물의 테스트베드로 구성함
  2] 공간구조: 위치는 서울시립대학교 21세기관을 테스트베드로 구성함
  3] 이동 동선: 복도 위주의 이동노선
  4] 층간 이동:엘리베이터 및 계단으로 이동할 수 있음



그림 585) 서울시립대학교 21세기관 Network

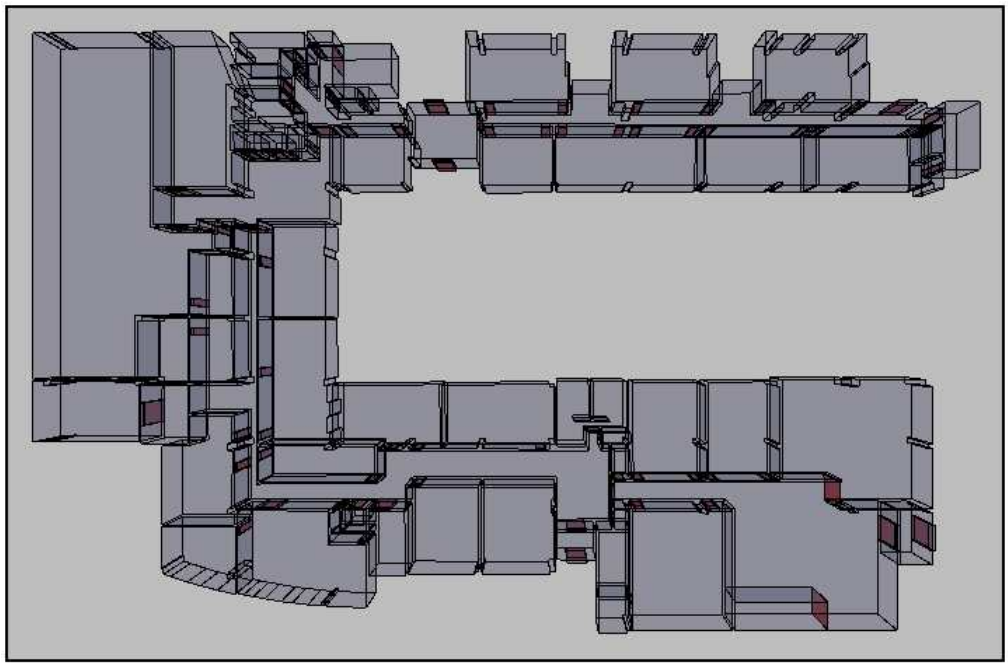
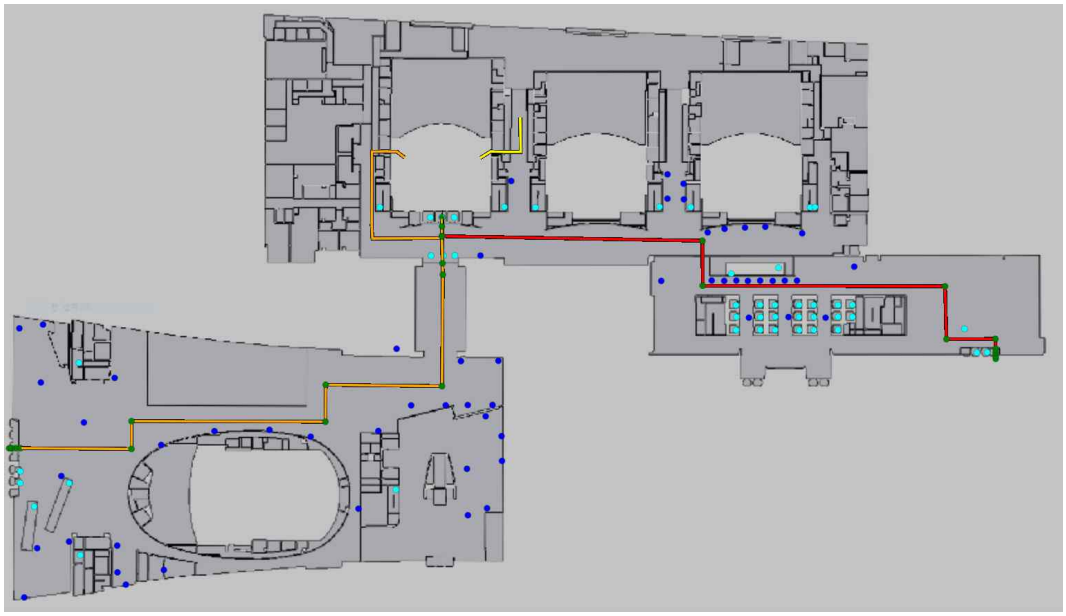


그림 586) 서울시립대학교 21세기관 IndoorGML(Thick Model)

- UN
  1] 목적: UN 건물 내 입구로부터 측정 장소로까지 안내할 수 있는 실내음성 길 안내 서비스를 제공하기 위함
  2] 공간구조: 총 2개 층으로 구성되며 지상, 지하로 나뉨
  3] 이동 동선: 3가지 시나리오로 이동함을 가정하며 아래 그림의 3가지 색상으로 표시함
  4] 층간 이동: 1층, 지하로 이동 가능하며 엘리베이터로 이동함을 가정함

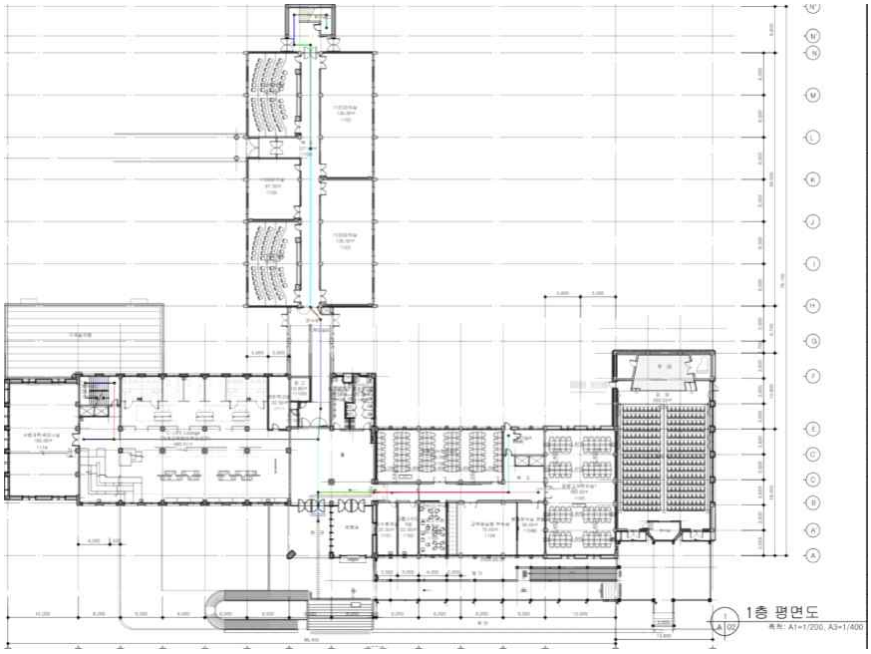


UN건물 지상 부분 IndoorGML 구축 결과

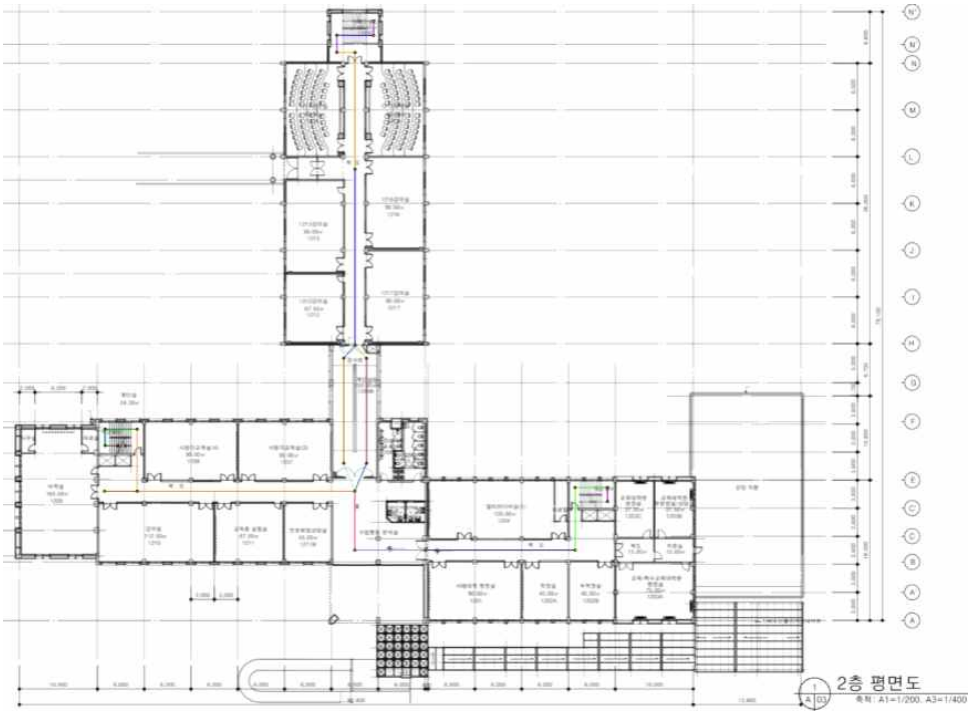


UN건물 지하 부분 IndoorGML 구축 결과

- 대구대학교
  1] 목적: 실제 시각장애인의 사용 경험을 얻기 위해 선정함. 대구대학교 조성재 교수님의 협조를 얻었으며 시각장애인은 이동이 불편하므로 대구대학교 조성재 교수님의 근무환경에 맞춰서 테스트베드를 구성함
  2] 공간구조: 위치는 대구대학교 사범대 1호관이며 1층과 2층을 테스트베드로 함
  3] 이동 동선: 복도 위주의 이동노선으로 실내안내 네트워크를 구성함
  4] 층간 이동: 엘리베이터 및 계단으로 이동할 수 있음

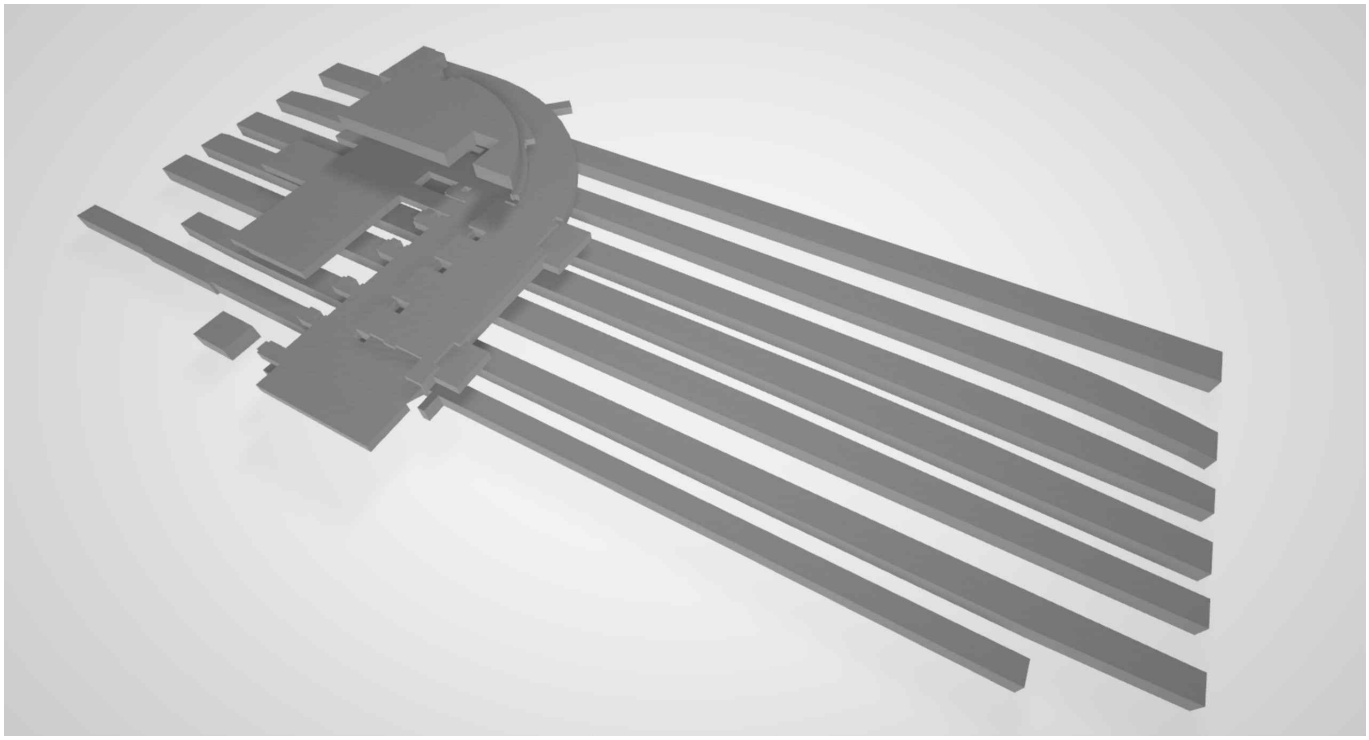


대구대학교 사범대 1호관 1층 IndoorGML 네트워크 구성도



대구대학교 사범대 1호관 2층 IndoorGML 네트워크 구성도

- 동대구역
  1] 목적: 공공시설 대상으로 시각장애인 음성안내 지도 서비스를 테스트하기 위해 선정함.
  2] 공간구조: 플랫폼과 대합실로 나뉨
  3] 이동 동선: 동대구역은 전반적으로 열린 공간이지만 점자블록이 주요 이동 동선에 설치되어 있으며 점자블록 중심으로 이동함을 가정함
  4] 층간 이동: 엘리베이터, 에스컬레이터, 계단으로 이동할 수 있음



동대구역 전체모습 3D

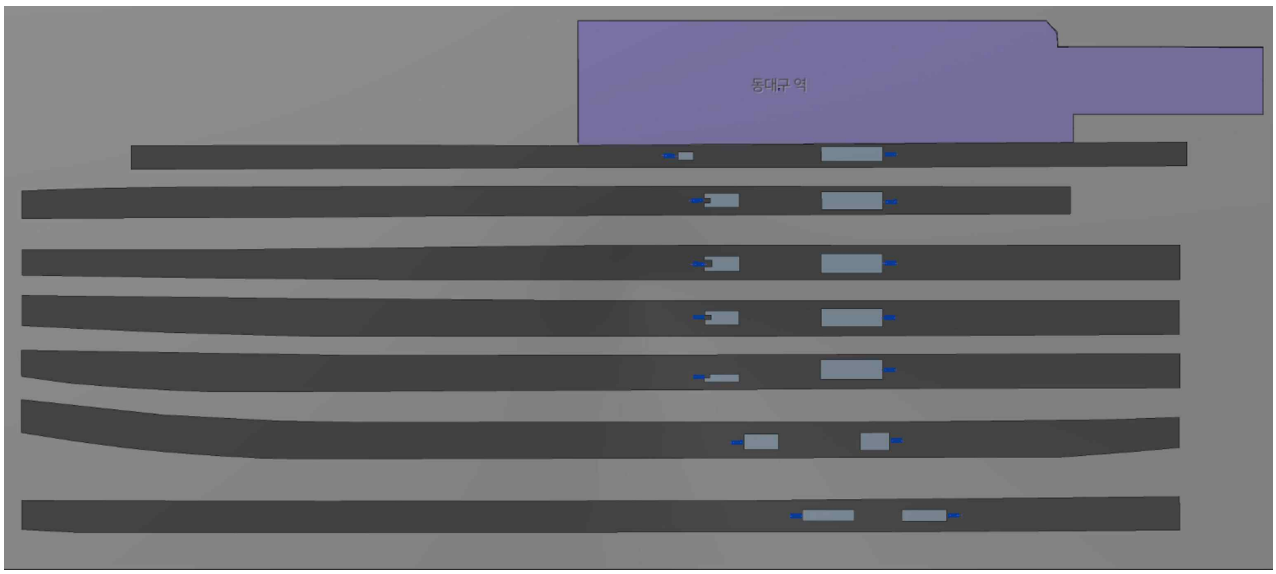
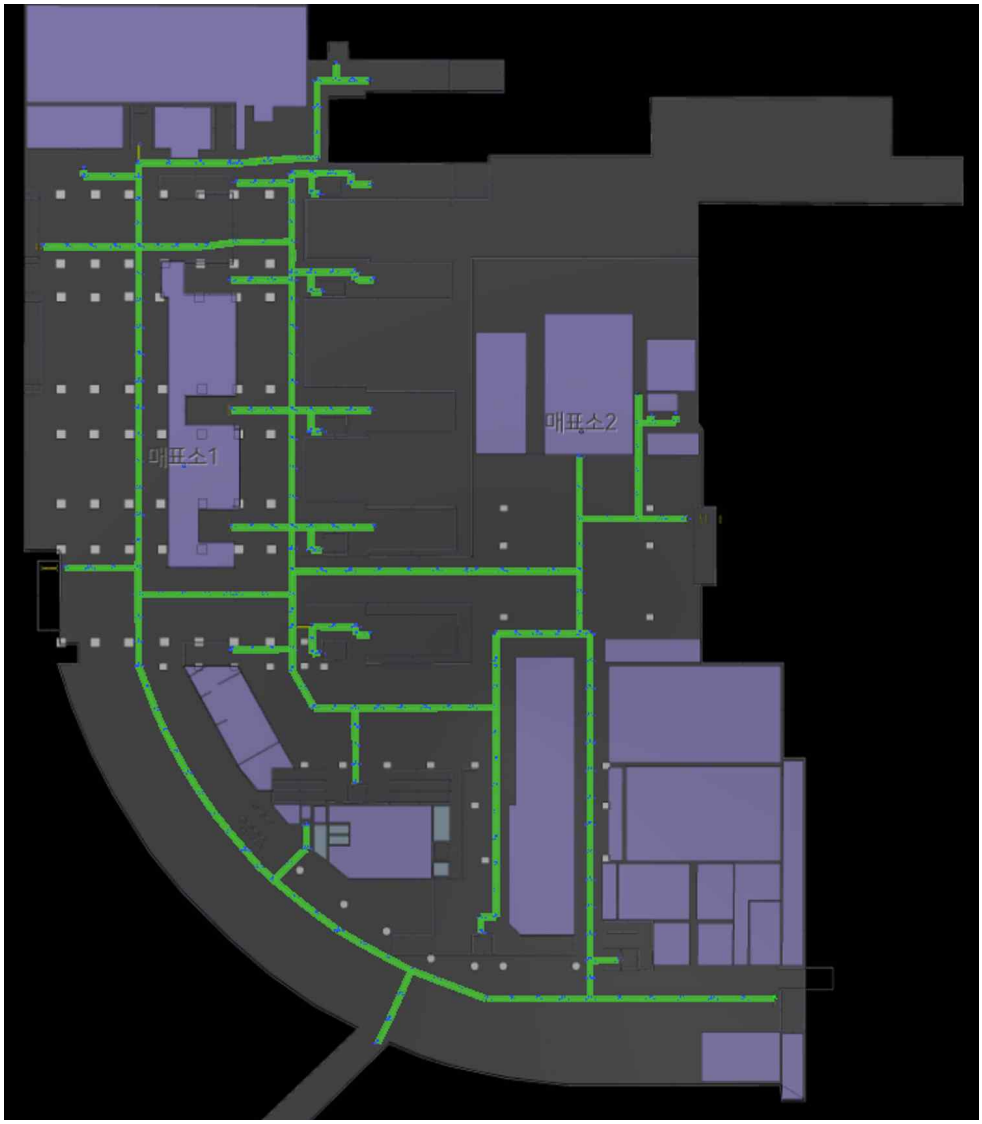


그림 592) 동대구역 플랫폼 구역 평면도



동대구역 대합실 중심 평면도 (녹색-점자블록)

- 미국 Hancock 초등학교

1] 목적: OGC-NIST Pilot Project의 수행을 위하여 구축된 데이터

2] 공간구조: 각 공간별로 별도 수집된 Point Cloud로 구축

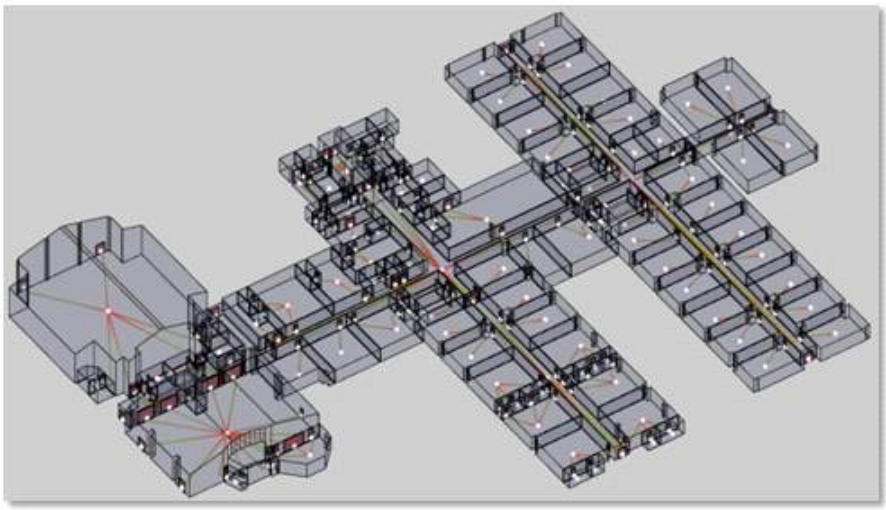


그림 594 미국 Hancock 카운티 초등학교 IndoorGML 데이터

- 서울 에스플렉스 센터

1] 목적: 서울 s-map 사업으로 지정된 실내공간 대상으로 다양한 범부처 연구사업 지원

2] 공간구조: 두 개의 커다란 타워로 구성되며, 타워 사이는 별도의 통로로 연결

3] 사용: 실내 화재 대응을 위한 기본데이터로 이용

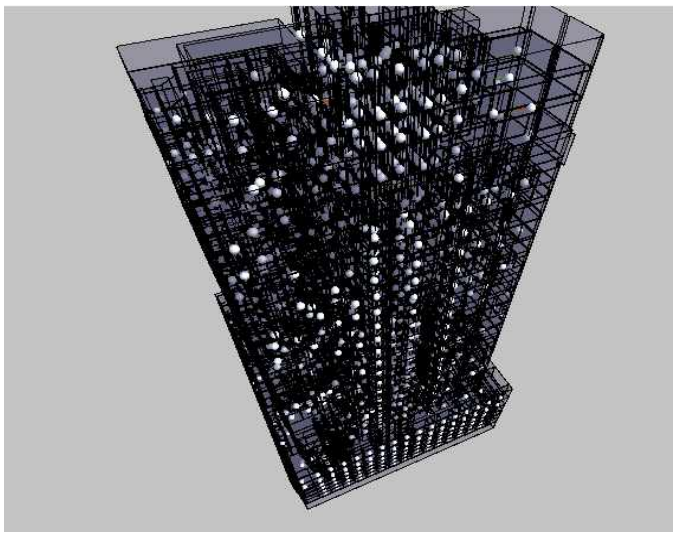


그림 595 서울 에스플렉스 센터 IndoorGML 데이터

(다) 테스테베드 지원 도구

• InEditor

- 사용자가 IndoorGML 데이터를 생성하기 위해서는 InFactory의 API를 적절히 이용해야 함
- 그리고 이를 위해서는 평면도 혹은 좌표로 알고 있는 실내공간정보를 API에서 읽을 수 있는 형태로 가공할 필요가 있음
- 만약 작은 크기의 데이터라면 직접 json 데이터를 생성하는 것도 가능할 테지만 데이터가 커지고 복잡해진다면 텍스트 형식으로 공간정보를 다루기는 매우 힘들어짐
- 사용자에게 일종의 CAD 역할을 할 수 있는 캔버스를 제공하고 캔버스 상의 정보를 기반으로 InFactory와 통신하여 IndoorGML 파일을 생성하는 것이 InEditor의 주요 목표임
- InEditor의 개념도는 그림 2과 같다.

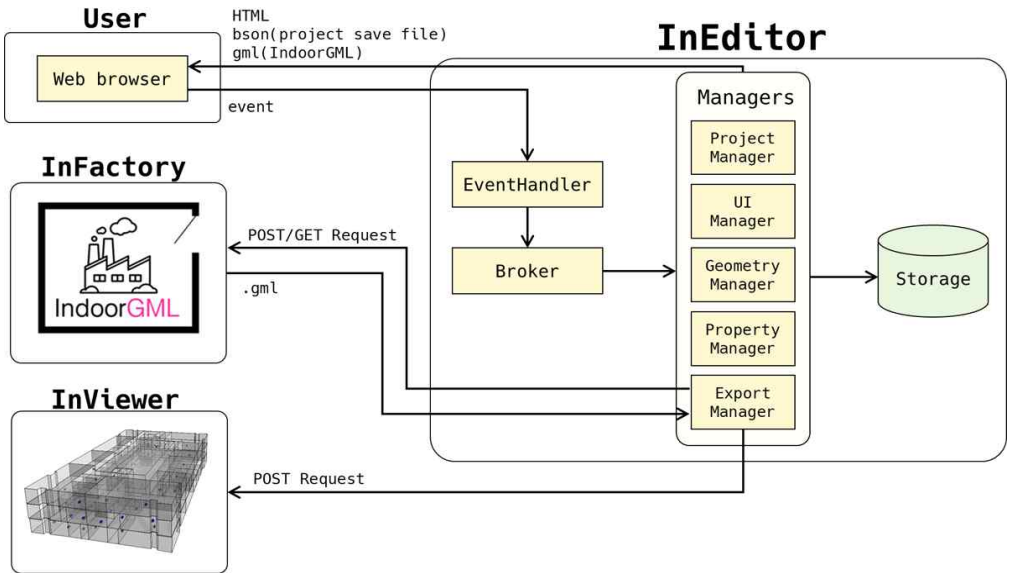


그림 596) InEditor 개념도

[InEditor를 통해 생성 가능한 IndoorGML 데이터 타입]

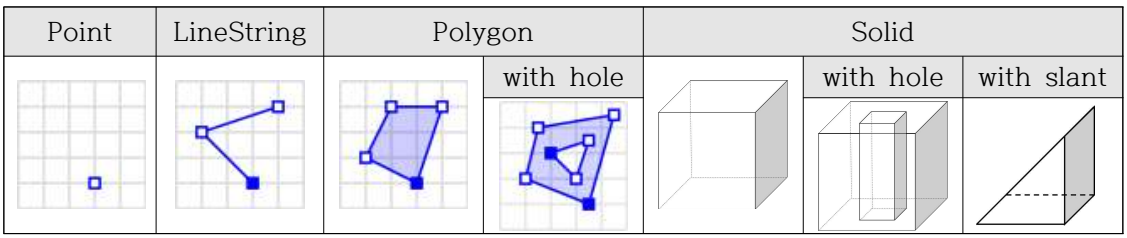
- InEditor를 통해 생성 가능한 데이터 타입은 아래 표와 같음

InEditor의 데이터

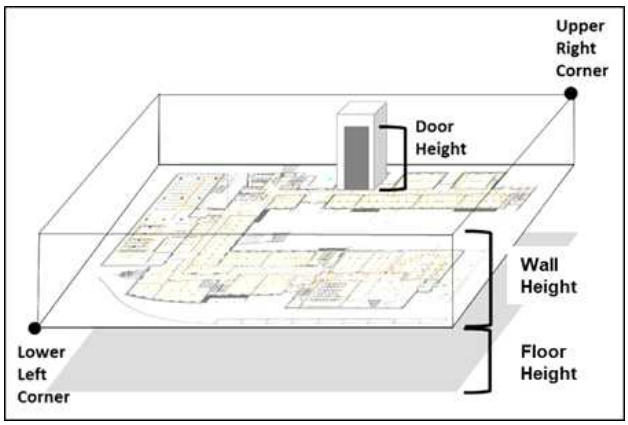
	Geometry			Property
	InEditor	IndoorGML		
		2D	3D	
CellSpace	점의 배열	Polygon	Solid	id, name, description, duality, partialboundedBy, externalReference
CellSpace Boundary	점의 배열	LineString	Polygon	id, name, description, duality, externalReference
State	점	Point		id, name, description, duality, connected
Transition	점의 배열	LineString		id, name, description, duality, connects weight

- InEditor는 기본적으로 IndoorGML Core 모듈의 4가지 객체에 대한 생성을 지원함. 이때 각 객체는 기하 데이터와 속성 데이터를 가지게 됨

Geometry의 종류



- 기하 데이터의 경우 InEditor에서는 점의 배열 혹은 단일 점으로 Storage로 저장함
- 만약 사용자가 2D에서 IndoorGML 데이터를 정의하고자 한다면 Storage에 저장된 데이터를 바로 이용할 수 있지만, 만약 3D 데이터를 정의하고자 한다면 저장된 데이터를 Polygon를 Solid로 LineString은 Polygon으로 변환하는 작업이 필요함. 그리고 이 가공 작업은 Export Manager에서 이루어지고 있음
- 3D 데이터를 생성할 때 사용되는 좌푯값은 각 객체가 그려지는 캔버스 별로 정의되는 floor property를 참조함. InEditor에서는 하나의 캔버스를 하나의 Floor(층)으로 취급하며 각 Floor는 floor height, wall height, LLC, URC를 가짐. LLC(Lower Left Corner)와 URC(Upper Right Corner)는 각각 Floor의 모서리 좌푯값임.
- 캔버스에서 정의되는 좌표와 사용자가 의도하는 좌표 사이에 차이가 있으므로 이 두 값을 이용하여 캔버스의 좌표들을 아핀 변환을 시켜 출력할 좌푯값의 x, y 값을 정의함.
- floor height는 지면에서 해당 층까지 거리, wall height는 해당 층의 벽의 높이 즉 층의 바닥면에서 천장까지의 거리를 의미함. 즉, gml 파일로 출력된 좌푯값의 z값은 floor height에 wall height를 더한 값 또는 door height를 더한 값이 됨. 그림 12는 InEditor 높이 값 설정 방법임



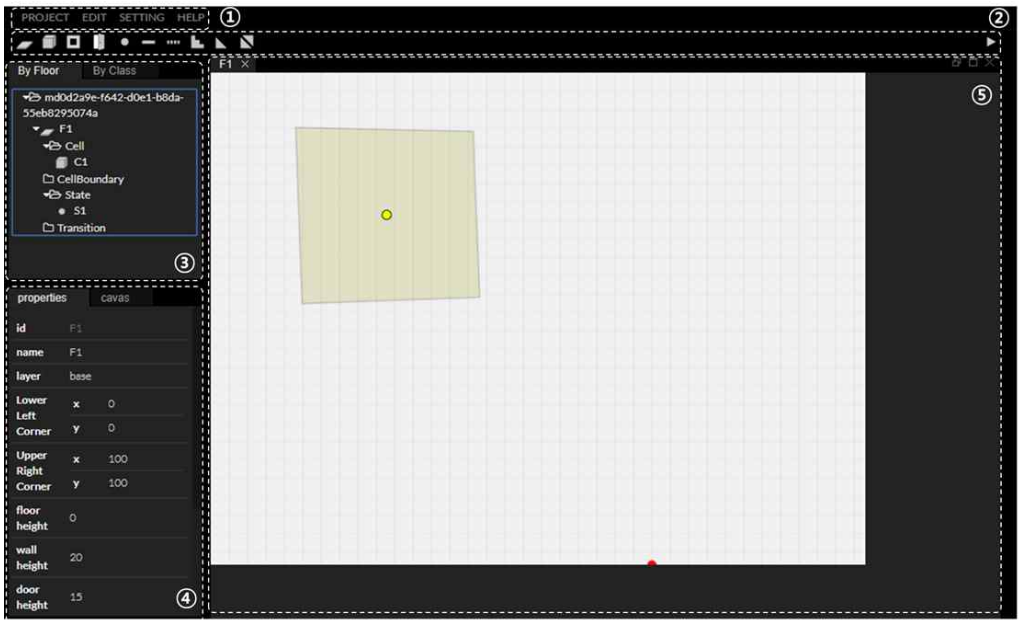
InEditor에서 높이 값 설정 방법

- 다양한 기하를 표현하기 위하여 InEditor는 CellSpace에 hole와 slant 속성을 추가적으로 부여함. hole은

2D와 3D에서 모두 표현되며 이때 생성되는 CellSpace의 기하는 표 2의 Polygon/Solid with hole와 같음. slant를 에스컬레이터와 계단 같이 기울기를 가지는 공간을 표현하기 위한 속성으로 3D에서면 Solid with slant와 같이 그 형태가 정의됨

- Property의 값들은 사용자가 자유롭게 수정이 가능함. 객체가 위치한 층이나 가게의 상호 등의 사항을 입력하고 싶다면 description에 key-value 형태로 입력이 가능함.
- 표 1에 등장하지 않는 요소 중 InEditor에서 생성 가능한 객체로 InterlayerConnection이 있음. InterlayerConnectin은 서로 다른 레이어 간의 관계를 나타내는 객체로 이를 위해서는 레이어에 대한 정보가 필요함. InEditor에서는 Floor가 레이어에 대한 정보를 가지고 있고, 그렇기에 서로 다른 층은 같은 레이어에 속할 수도 있고 그렇지 않을 수도 있지만, 같은 층에 속한 객체들은 모두 같은 레이어에 속하게 된다.

[기본 UI 구성]



1] Menubar : 프로젝트 전반에 영향을 미치는 기능들의 모음

① PROJET : 새 프로젝트 생성, 프로젝트 저장, 프로젝트 불러오기, IndoorGML파일 생성

② SETTING : 프로젝트에 사용되는 상수 값(CellSpace의 frefix, 캔버스의 종횡비, …) 수정, 각 객체가 공통으로 가지는 description 값 수정

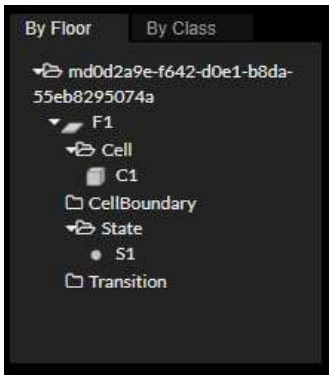
2] Toolbar : Object 생성 버튼과 InViewer 호출 버튼의 모음

[표 173] Toolbar의 버튼

Action	icon	Action	icon
Add new floor		Add new interlayerConnection	
Add new cellspace		Add new stair (transition between two different floor)	
Add new hole in cellspace			
Add new cellspaceboundary		Add new cell with slant	
Add new state		Add new two cells with slant	
Add new transition		Call viewer	

3] Tree View : 현재 생성된 요소들의 목록으로 층별로 요소를 분류하는 'By Floor' 탭과 요소의 타입별로 분류하는 'By Class' 탭으로 구성되어 있음.

[표 174] Tree view

ByFloor	ByClass
	

4] Property Tabs : 생성된 요소의 Properties를 조회/수정 할 수 있음. 조회/수정을 원하는 객체를 tree view에서 찾아 클릭하거나 캔버스의 요소를 우클릭 한 후 호출된 context 메뉴에서 'Edit Properties'를 클릭하면 탭에 해당 객체의 properties가 호출됨.

5] Workspace : 요소를 그릴 캔버스가 있는 공간으로 하나의 캔버스는 하나의 층이라 할 수 있음.

[개발 결과]

- 개발된 기능을 이용하여 3층 건물의 gml 파일을 생성하였고 생성 과정은 아래와 같음

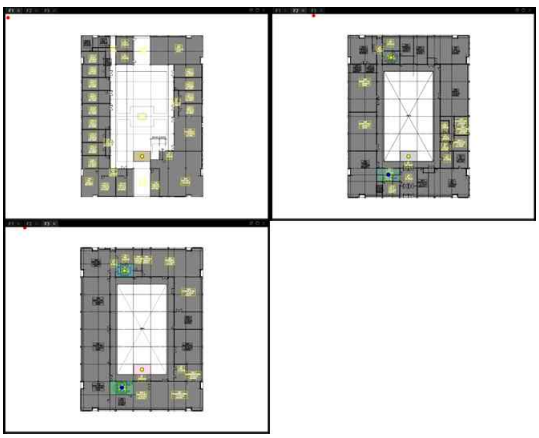
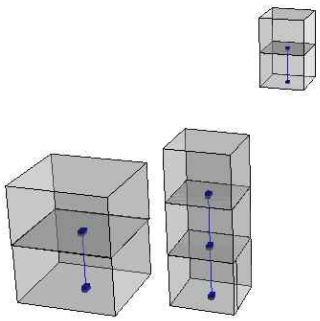
1] Floor 정의 : 세 개의 Floor를 생성하고 각각의 property를 표 6와 같이 수정하고, Property tab > canvas > floor upload를 이용하여 각 Floor에 floor plan을 업로드함

[표 175] Floor Properties

LLC	(0, 0)	Floor Height	1F	0
RUC	(400, 300)		2F	20
Wall Height	20		3F	40
Door Height	15	Layer		layer0

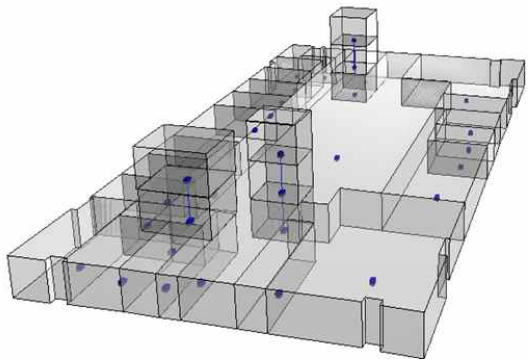
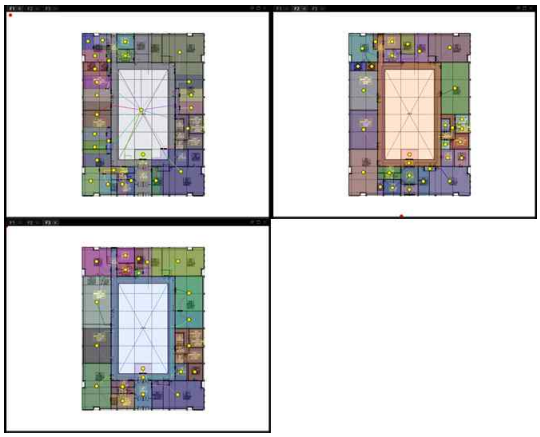
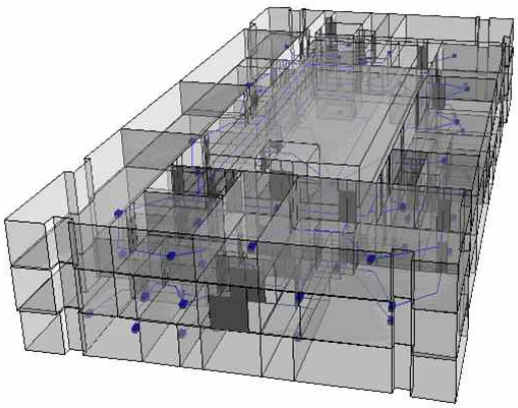
2] 이동 수단 정의 : Floor 간의 상하 위치를 맞추기 위하여 먼저 엘레베이터와 계단 같은 이동 수단을 먼저 정의함 엘리베이터와 계단실에 있는 계단, 실내 사다리는 간단하게 공간을 CellSpace로 정의 후 Stair로 State들을 연결하는 방식으로 정의할 수 있음

[표 176] 이동 수단 정의

InEditor	InViewer
	 이동 수단(계단 실, 엘리베이터)만 존재

3] 완성 : 이전 단계에서 추가적으로 CellSpace. CellSpaceBoundary. State,Transition을 추가적으로 삽입하여 3층 건물에 대한 에디팅함. 이를 Export 기능을 이용하여 GML 파일로 변환하였고, 데이터는 작성 의도대로 성공적으로 작성되었음을 확인할 수 있음

[표 177] 완성 결과

<table>
<tr><th>InEditor</th><th>InViewer</th></tr>
<tr><td>  </td><td> 
이동 수단 + 1층</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><th colspan="2">IndoorGML</th></tr>
<tr><td colspan="2">

```
<ns5:IndoorFeatures xmlns:gml="http://www.opengis.net/gml/3.2" xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink" xmlns:ns
    <gml:boundedBy xsi:nil="true"/>
    <ns5:primalSpaceFeatures>
        <ns5:PrimalSpaceFeatures gml:id="m5ffb680-c7aa-7490-e409-1ac27565de55">
            <gml:boundedBy xsi:nil="true"/>
            <ns5:cellSpaceMember>
                <ns5:CellSpace gml:id="C1">
                    <gml:description>
                        level=1;desc=;
                    </gml:description>
                    <gml:name>
                        C1
                    </gml:name>
                    <gml:boundedBy xsi:nil="true"/>
                    <ns5:cellSpaceGeometry>
                        <ns5:Geometry3D>
                            <gml:Solid gml:id="CG-C1">

                                                    ...

                                                </ns5:transitionMember>
                                            </ns5:edges>
                                        </ns5:SpaceLayer>
                                    </ns5:spaceLayerMember>
                                </ns5:spaceLayers>
                            </ns5:MultiLayeredGraph>
                        </ns5:multiLayeredGraph>
</ns5:IndoorFeatures>
```

</td></tr>
</table>

• InFactory
  - 기존에 존재하는 IndoorGML 데이터 편집 도구는 IndoorGML 요소의 일부만 표현할 수 있는 한계가 있거나 사용자 친화적이지 않은 UI로 인해 사용하기가 어려움
  - 또한 IndoorGML의 제약 사항과 XML 스키마의 인코딩이 어려우므로 사용자가 직접 IndoorGML 데이터를 생성하는 것은 어려움
  - 따라서, 사용자가 IndoorGML 데이터를 더 쉽게 생성할 수 있는 도구가 필요함.
  - InFactory는 Restful API를 이용한 사용자의 HTTP 요청을 통해 IndoorGML을 생성할 수 있음
  - InFactory의 개념도는 그림 41와 같음.

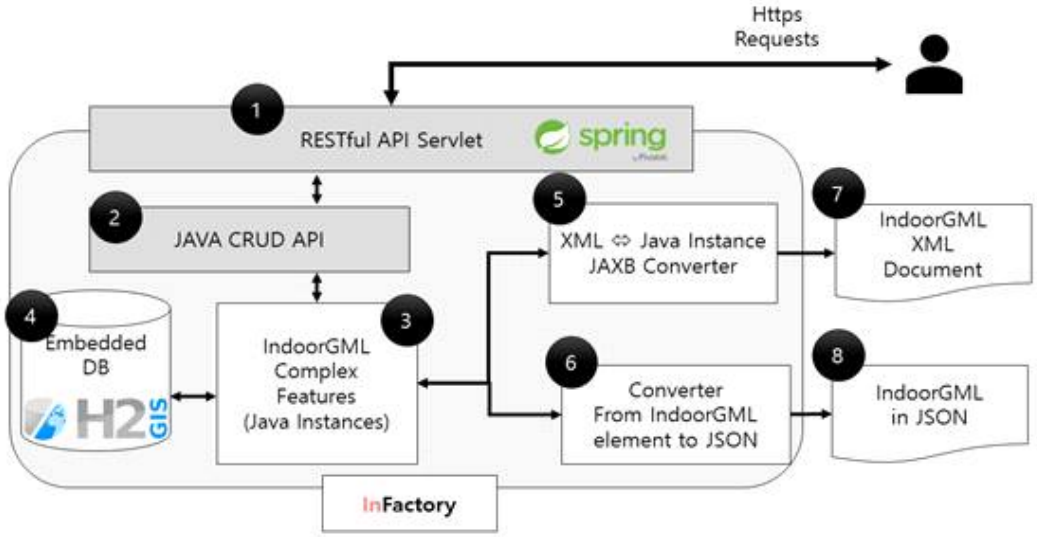


그림 627) InFactory 개념도

  - InFactory는 RESTful API Servlet, CRUD Java API, IndoorGML Complex Features, H2DB, Binder, IndoorGML JSON Convertor 및 JAXB Convertor와 같은 구조로 되어있다.

1] 사용자의 HTTP 요청 : 사용자의 클라이언트 프로그램이 HTTP 요청을 InFactory로 보낸다.

2] RESTful API : RESTful API는 사용자가 보낸 HTTP 요청을 처리한다.

3] CRUD API : IndoorGML complex feature 데이터를 생성, 검색, 수정 및 제거한다. RESTful API는 클라이언트 프로그램이 보낸 요청 유형에 따라 적절한 CRUD API를 호출한다.

4] IndoorGML complex feature : InFactory는 IndoorGML complex feature 데이터를 Java 클래스 형식으로 저장한다.

5] H2DB : 큰 크기의 데이터를 처리하기 위해 InFactory는 IndoorGML complex feature 데이터를 H2DB에 저장한다.

6] 바인더 : 바인더는 Java 클래스에 저장된 IndoorGML 데이터를 JAVA XML Binding Architecture(JAXB) 클래스로 변환한다. 바인더는 IndoorGML 데이터의 요구 사항을 검사하여 IndoorGML complex feature의 Java 클래스가 참조하는 요소가 실제로 존재하는지, multiplicity가 충족되는지, 요소가 계층 구조를 만족하는지 등을 검사한다. InFactory는 IndoorGML 데이터를 XML로 내보낼 때 이들을 한 번에 확인한다. 따라서 프로그램을 반복적으로 실행하여 요구 사항을 확인할 필요가 없다.

7] IndoorGML JSON Converter : Http 요청 중 GET 요청을 통해 IndoorGML complex feature 객체 데이터를 요청하면 IndoorGML JSON Converter는 이를 JSON 형식으로 변환하여 출력한다. 즉, InFactory는 IndoorGML 데이터 전체를 생성할 수도 있고 사용자가 보기 편한 형식으로 IndoorGML 데이터의 부분을 보여줄 수도 있다.

8] JAXB Converter : 이 모듈은 JAXB 클래스를 XML로 변환한다. JAXB는 Java 클래스 객체와 XML 스키마 요소 간의 인코딩과 디코딩을 지원한다. 이는 오픈 소스인

ogc-schemas를 사용하여 구현했다.

[개발 기능]

- InFactory는 IndoorGML의 핵심 개념을 나타내는 모든 IndoorGML Complex Features의 데이터를 생성할 수 있음.
- 즉, InFactory는 기호 공간, 위상적 특성 및 다중 공간 모델을 표현하는 IndoorGML Complex Features를 생성함.
- 기하 정보는 Simple Feature Geometry Model(SFG)을 확장하여 생성 할 수 있음.
- 또한 생성 된 정보가 IndoorGML 스키마의 multiplicity 또는 스키마의 특성과 같은 요구 사항을 충족하는지 검증하는 기능도 지원함.

1] RESTful API:사용자는 미리 정의 된 JSON (Javascript Object Notation) 기반 양식에 따라 자체적으로 실내 공간 정보를 작성하고 이를 HTTP method (GET, POST, PUT, DELETE)를 사용하여 InFactory의 서버로 전송하여 IndoorGML 데이터를 작성할 수 있음. 표 21는 구현 된 RESTful API 인터페이스 중에서 CellSpace에 대한 정보를 요청하는 예.

[표 178] CellSpace 타입 객체를 생성하기 위한 CRUD 함수의 목록

HTTP 용어	경로	CRUD 동작	목적
POST	/cellspace/:id	Create	하나의 CellSpace 객체를 생성한다.
PUT	/cellspace/:id	Update	해당 식별자의 CellSpace 객체를 전면 수정한다.
GET	/cellspaces	Read	생성된 CellSpace 객체들의 식별자 목록을 가져온다.
GET	/cellspace/:id	Read	해당 식별자의 CellSpace 객체의 정보를 JSON 형태로 가져온다.
DELETE	/cellspace/:id	Delete	해당 식별자의 CellSpace 객체를 삭제한다.

2] CRUD(Create, Read, Update, Delete) API: InFactory는 IndoorGML 기능을 위한 CRUD 기능을 구현하는 CRUD API를 지원함. IndoorGML Complex Feature에서 관계를 표현하는 속성의 경우, 참조하는 요소의 식별자는 함수의 파라미터로서 입력됨. 즉, 참조하는 요소의 전체 데이터를 매개 변수화하지 않고 고유한 식별자 정보만 전달할 수 있음. 이를 통해 사용자는 IndoorGML에서 사용되는 데이터 타입에 대해 걱정할 필요 없이 CRUD API를 쉽게 사용할 수 있음. Feature 클래스의 구조에 따라 JSON 기반 양식을 정의함. 그림 는 CellSpace를 입력하기 위한 JSON 데이터의 예시이다. 이 경우 Well Known Text (WKT) 포맷을 기하 정보의 입력 포맷으로 사용함.

```
{
  "docId":"doc1",
  "parentId":"psf1",
  "id":"c1",
  "geometry": {
    "type" : "Solid",
    "coordinates" : "SOLID (( ((0 0 0, 0 1 0, 1 1 0, 1 0 0, 0 0 0)), ((0 0 0, 0 1 0
      , 0 1 1, 0 0 1, 0 0 0)), ((0 0 0, 1 0 0, 1 0 1, 0 0 1, 0 0 0)), ((1 1 1, 1 0
      1, 0 0 1, 0 1 1, 1 1 1)), ((1 1 1, 1 0 1, 1 0 0, 1 1 0, 1 1 1)), ((1 1 1, 1 1
      0, 0 1 0, 0 1 1, 1 1 1)) ))",
    "properties" : {
      "id" : "c1g",
      "type" : "wkt"
    }
  },
  "properties" : {
      "duality":"s1",
    "partialboundedBy" : ["B1"]
  }
}
```


그림 628) JSON 데이터(Cell Space) 예시

3] IndoorGML 요소의 계층적 구조에 상관없는 요소 생성 지원: 사용자가 IndoorGML 생성에 필요한 데이터를 InFactory에 입력할 때는 IndoorGML의 계층적 구조를 따를 필요가 없음. InFactory는 임의의 순서로 IndoorGML을 구성하는 데이터를 받아들임. InFactory는 IndoorGML 데이터를 XML 데이터로 내보낼 때 비로소 필요한 IndoorGML 요소 데이터를 계층 순서로 불러옴.

[개발 결과]

- InFactory의 서버 통신 기능을 확인하기 위해 간단한 웹 클라이언트 프로그램을 구현함. 이 프로그램은 JavaScript 기반이며 Http method를 따르는 요청을 InFactory에 보냄
- 우선 InFactory의 RESTful 서버에 POST 요청을 보내 문서를 생성 한 다음 IndoorGML feature를 CRUD하기 위해 반복적으로 보냄.
- 문서 생성 및 GET 요청 전송에 대한 모든 요청을 보낸 후 InFactory는 IndoorGML 문서를 생성하여 클라이언트 프로그램에 전송함.
- 생성한 데이터는 그림 43와 같이 InViewer라는 IndoorGML 가시화 툴을 사용해서 가시화했다.

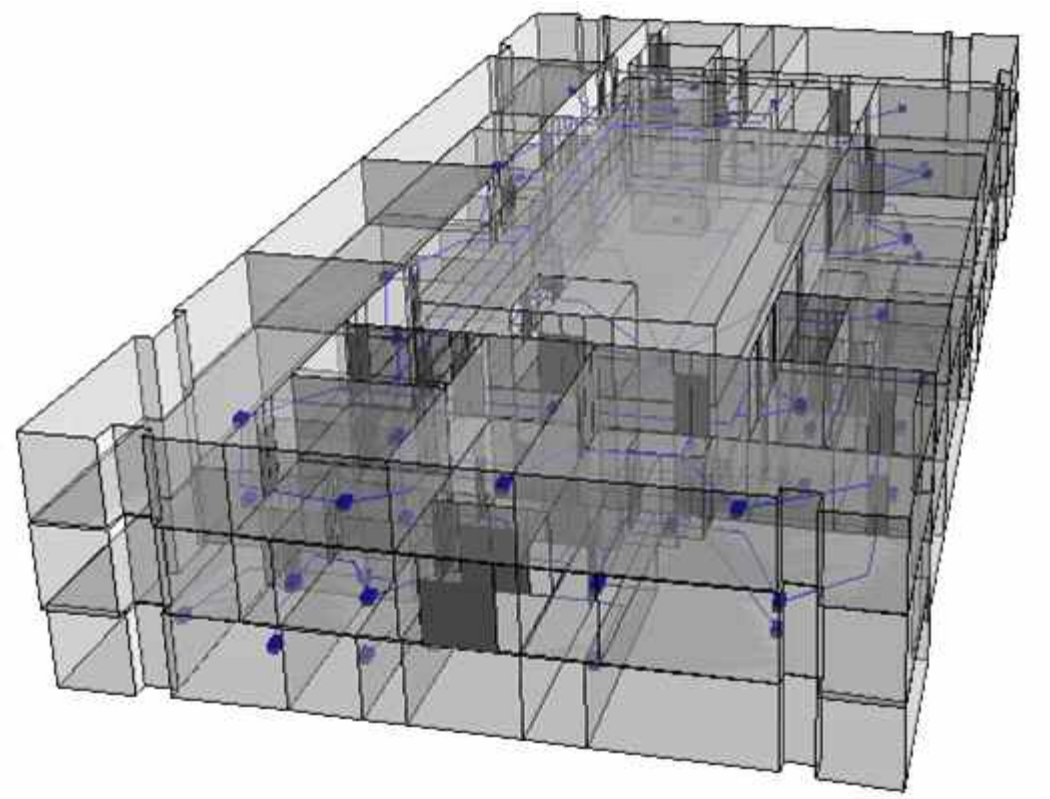


그림 629) 생성한 데이터의 가시화

• InViewer

- IndoorGML은 실내공간정보를 위한 XML 스키마로 사용자가 데이터를 확인하기 위한 어려움이 있음
- IndoorGML 데이터를 사용자가 확인하기 위해 시각화 도구가 필요함
- InViewer는 interactive preview 기능을 제공하여 사용자가 3D 공간에서 IndoorGML 데이터를 볼 수 있음
- 기존에 구현한 InViewer-Web은 Web에서 작동하여 용량이 큰 데이터를 로딩하는 데 시간이 오래 걸림
- 이를 해결하기 위해 Unity3D를 이용하여 InViewer-Desktop을 개발함.
- 그림 44는 InViewer-Web의 구조도고 그림45는 InViewer-Desktop의 구조도임

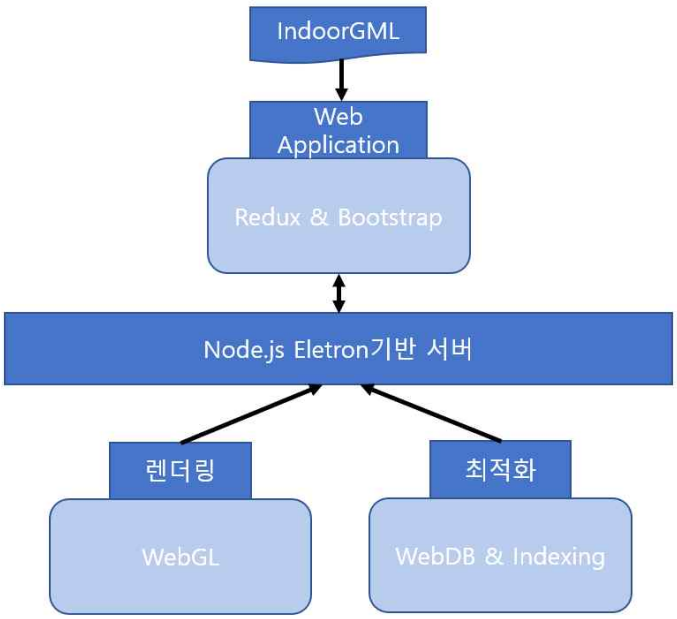


그림 630) InViewer-Web의 구조

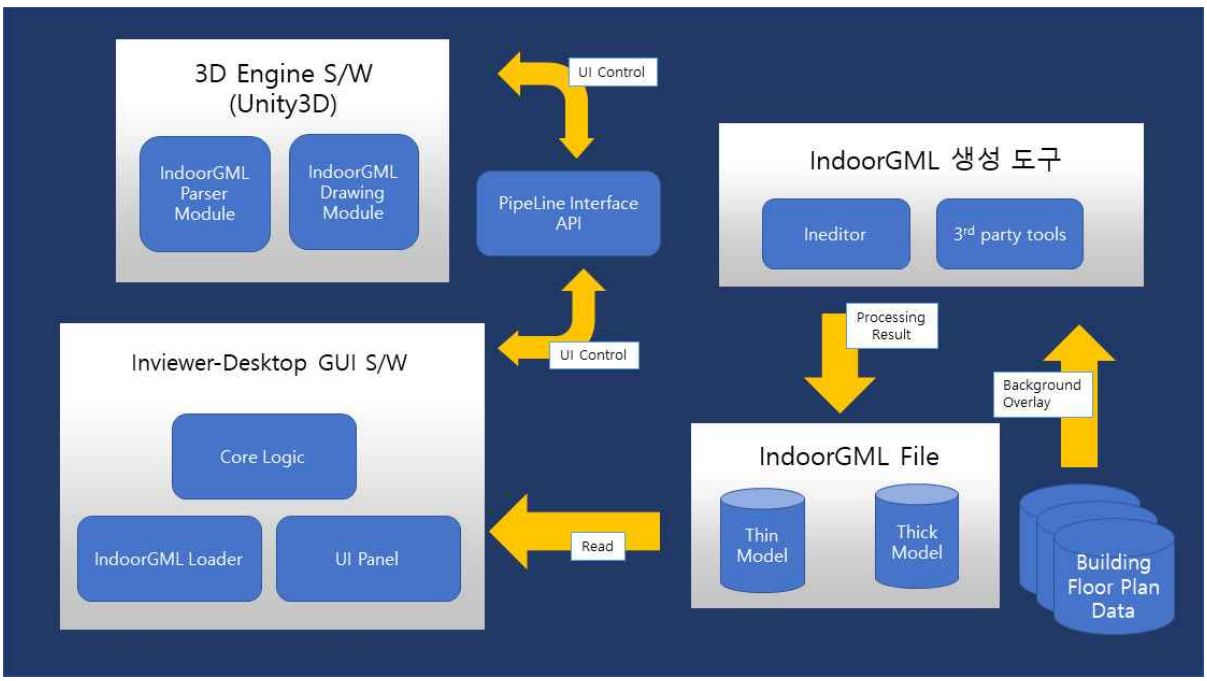


그림 631) InViewer-Desktop의 구조

[개발 기능-InViewer-Web]

1] 웹 기반 interactive한 3차원 뷰 제공: IndoorGML의 3차원 기하를 출력 가능하함. 상,하, 좌,우로 출력된 결과물을 회전 가능하며, 확대와 축소 또한 가능함. 따라서 생성된 데이터를 모든 방향에서 interactive하게 확인할 수 있다.

2] IndoorGML의 주요 element viewing 제공: IndoorGML의 CellSpace, CellSpaceBoundary, State, Transition 출력이 가능함. CellSpace의 출력은 3차원 공간에서 부피를 가진 ISO 19107의 Solid라는 기하로 출력됨. CellSpaceBoundary의 출력은 3차원 공간에서 ISO 19107의 Surface라는 평면으로 출력됨. 보통 문 같은 요소를 출력하는 것에 쓰임. State와 Transition은 각각 점과 선으로 출력됨. 이는 ISO 19107의 DirectPosition과 Curve를 따른다. 이 둘은 네트워크의 노드와 에지를 이루는 형태로 출력됨.

[개발 기능-InViewer-Desktop]

1] IndoorGML 처리: IndoorGML을 처리하는 과정에 있어서 Ineditor를 통해 생성한 IndoorGML 파일을 기본으로 처리함. 현재는 Ineditor 뿐만 아니라 본 사업에서 개발된 제3의 IndoorGML 저작도구를 통한 파일도 지원함. Thin 모델뿐만 아니라 Thick 모델 둘 다 지원함.

2] 내부 동작처리 특징:본 소프트웨어는 2가지 소프트웨어가 서로 실시간 통신을 통해 하나의 소프트웨어인 것처럼 동작함.하나는 일반적인 Windows Form Application의 형태로 구동되는 GUI 소프트웨어이며 다른 하나는 Unity3D로 개발된 GUI가 없는 순수한 3D 출력창으로만 구성된 IndoorGML 3D 뷰어 창임. 사용자 입력을 받고 파일을 읽는등의 단순한 작업은 GUI부분이 담당하며 3D 출력을 위해 IndoorGML. 파일을 해석하고 실제 3차원 공간에 출력하는 핵심 기능은 Unity3D로 개발한 3D 뷰어에 집중됨.

[개발 결과]

- 잠실 롯데월드몰 데이터를 InViewer-Web을 사용해서 시각화함. 그림 46와 같이 데이터가 좌우 반전이나 왜곡 없이 생성되었는지 확인할 수 있음

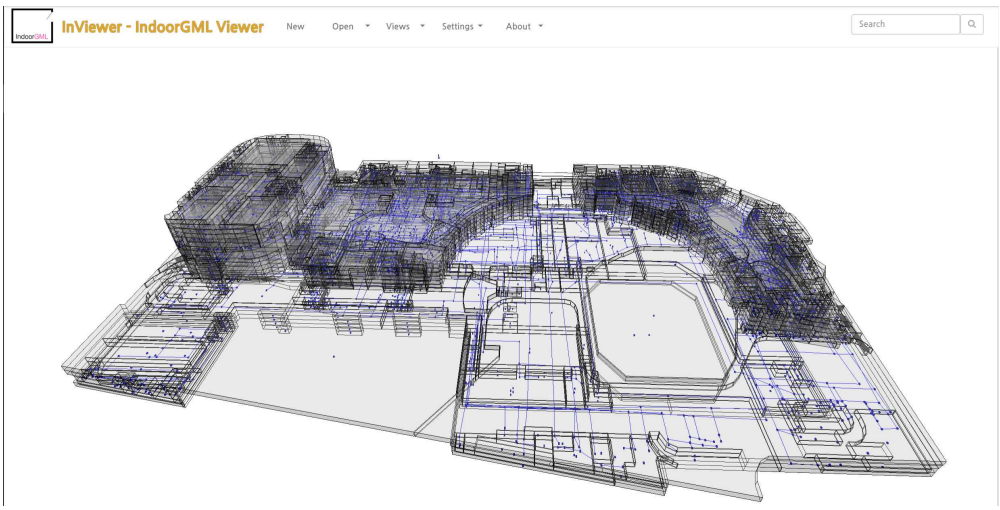


그림 632) InViewer-Web을 통해 데이터 시각화 결과

- PCD를 통해 제작한 Indoor희 데이터를 고래대학교 하나스퀘어를 InViewer-Web을 사용해서 시각화함. 그림 47과 같이 벽면, 문 ,창문 등 같은 이미지도 시각화를 지원함

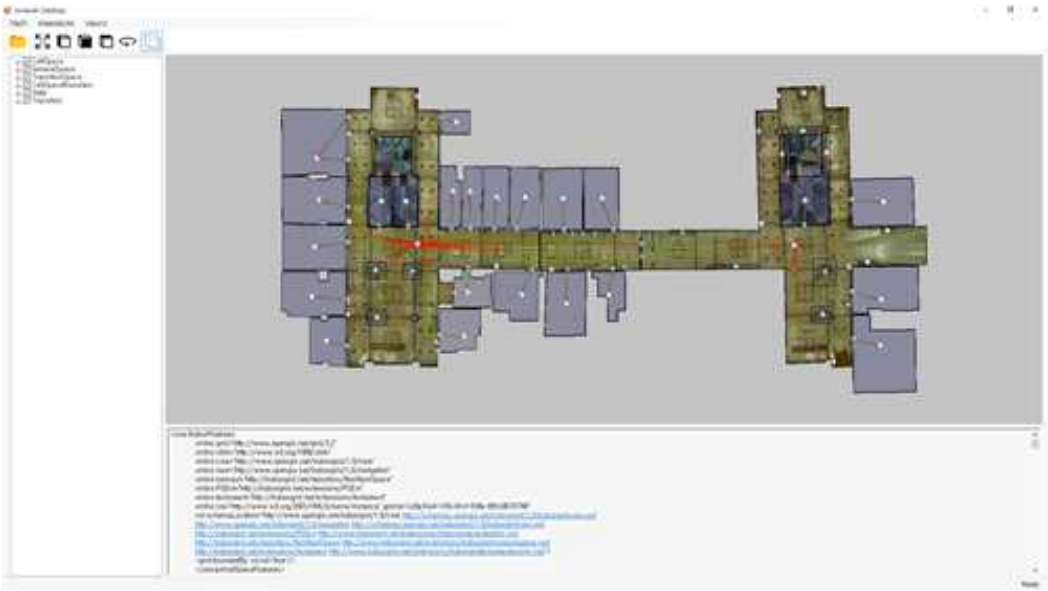


그림 633) InViewer-Desktop을 통해 데이터 시각화 결과

• Indoor4J & Indoor4CPP

- IndoorGML 데이터를 이용하여 서비스 애플리케이션을 개발하기 위해서는 IndoorGML 데이터를 소스코드 상에서 로드 및 편집할 수 있는 기능이 필요함
- 개발자는 IndoorGML 데이터를 이용하기 위해 IndoorGML의 feature 클래스까지 구현해야 함
- 개발자가 쉽게 IndoorGML 데이터를 이용하여 애플리케이션을 개발 할수 있도록 IndoorGML 파일 로드 및 IndoorGML의 feature 별 Get, Set 메소드(Getter, Setter)를 지원하는 API를 구현함
- Indoor4J는 IndoorGML 데이터를 이용하는 Java 개발자를 위한 API이고 Indoor4CPP는 C++ 개발자를 위한 API임

[개발 기능]

1] IndoorGML Feature 클래스 구현: IndoorGML에는 CellSpace, CellSpaceBoudary, State 등 Feature가 존재하여 각 Feature 별 클래스가 필요함. 각 Feature 클래스의 요소 및 Get, Set 메소드를 Java, C++로 구현함.

2] IndoorGML 데이터 파싱: Indoor4J는 JAXB(Java Architecture for XML Binding)의 언마샬(Unmarshal)하여 데이터를 파싱하며 Indoor4C++는 MSXML 6.0를 이용하여 파싱함

[개발 결과]

- 그림 46와 같은 IndoorGML 샘플 데이터로 테스트를 진행함

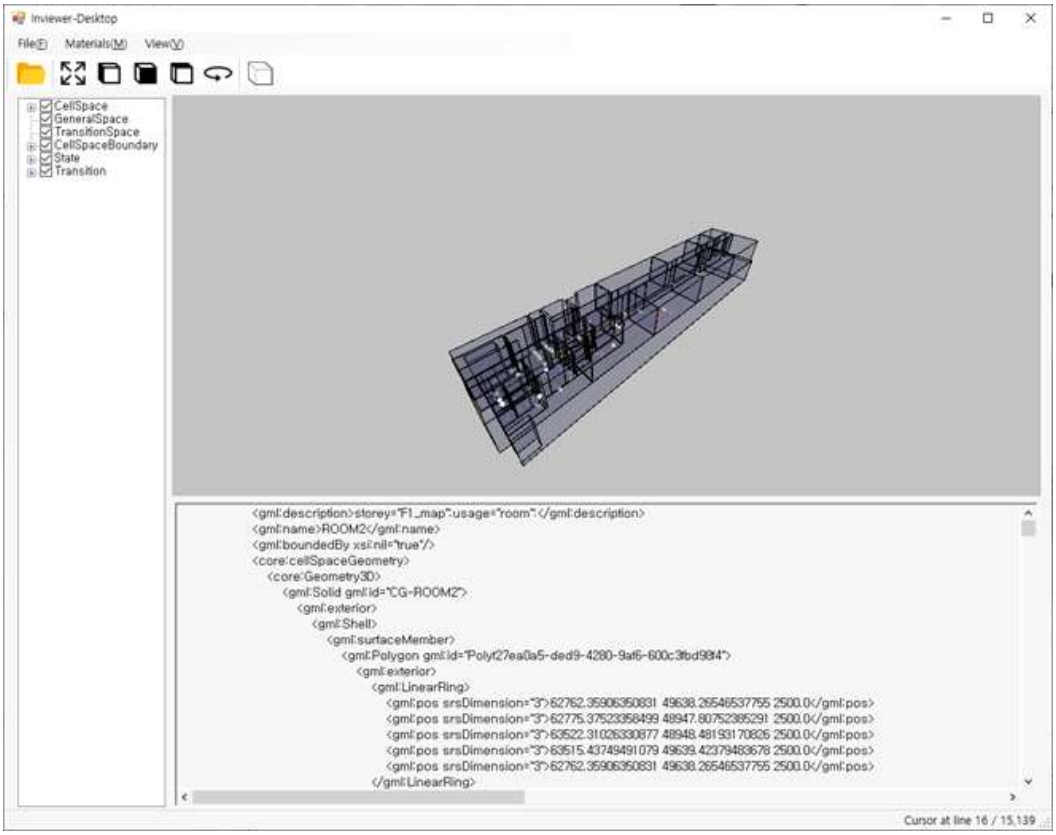


그림 634) IndooGML Sample Data

- 샘플 데이터를 그림 47과 같이 Indoor4를 이용하여 Java의 main 메소드에서 언마샬하여 출력 메소드를 호출함.
  - PrintAllOfCellSpaces3D: Java 클래스로 변환된 CellSapce를 출력함
  - PrintAllOfNetworks: 네트워크 레이어에 존재하는 State 와 Transition을 출력함

```java
public static void main(String[] args) throws JAXBException, IOException {
    String sourceGML = "sample-3d" + ".gml";

    IndoorFeatures indoorFeatures = unmarshall(sourceGML);

    // Demonstraion of readling "sample-3d.gml"
    // Before run this sample code, check sample data with text viewer.

    PrintAllOfCellSpaces3D(indoorFeatures);
    //PrintAllOfCellSpaces2D(indoorFeatures);

    PrintAllOfLandmarks(indoorFeatures);
    PrintAllOfSafety(indoorFeatures);
    PrintAllOfNetworks(indoorFeatures);
}
```

그림 635) Indoor4J의 데이터 파싱 예제 코드

- 표 9와 같이 CellSapce와 State, Transition 요소들을 출력함.

[표 179] Indoor4J 예제코드 출력 결과

PrintAllOfCellSpaces3D	PrintAllOfNetworks
ID)ROOM1 Name)ROOM1 Description)storey="F2_map":usage="room": Polygon ID: Polyedeb3103-c160-4683-accc-6a333712bcbb 62156.130383287964 48950.73332631888 5000.0 62929.09449592007 48952.29318969394 5000.0 62923.75366808826 49638.71768544942 5000.0 62155.402141593564 49637.23772070008 5000.0 62156.130383287964 48950.73332631888 5000.0 Polygon ID: Poly6a5178bd-2c34-4100-9289-b99b8f3b21b0 62156.130383287964 48950.73332631888 2500.0 62929.09449592007 48952.29318969394 2500.0 62929.09449592007 48952.29318969394 5000.0 62156.130383287964 48950.73332631888 5000.0 62156.130383287964 48950.73332631888 2500.0 Polygon ID: Poly8a6a0e24-3df9-4bc5-86fe-c153c001de2a 62929.09449592007 48952.29318969394 2500.0 62923.75366808826 49638.71768544942 2500.0 62923.75366808826 49638.71768544942 5000.0 62929.09449592007 48952.29318969394 5000.0 62929.09449592007 48952.29318969394 2500.0 Polygon ID: Poly53b50577-e5ec-49c2-9abf-109b114790bf 62923.75366808826 49638.71768544942 2500.0 62155.402141593564 49637.23772070008 2500.0 62155.402141593564 49637.23772070008 5000.0 62923.75366808826 49638.71768544942 5000.0 62923.75366808826 49638.71768544942 2500.0	1)S105 : 2)S105 : 3) : 4)61681.84174431736 48169.29656642029 2500.0 1)S106 : 2)S106 : 3) : 4)62601.00744044865 48167.46661129919 2500.0 1)S107 : 2)S107 : 3) : 4)61697.21830504224 47584.64962400801 2500.0 1)S108 : 2)S108 : 3) : 4)58641.652223645215 47573.95142949783 2500.0 1)S109 : 2)S109 : 3) : 4)67473.1002708178 47541.85684596728 2500.0 1)S110 : 2)S110 : 3) : 4)69012.21489705879 47537.76613775522 2500.0 1)S111 : 2)S111 : 3) : 4)70072.06701326853 47535.33046748903 2500.0 1)S112 : 2)S112 : 3) : 4)75633.31256976908 47537.16428850379 2500.0 1)S113 : 2)S113 : 3) : 4)79004.97169406925 47505.78291794059 2500.0 1)S114 : 2)S114 : 3) : 4)81070.1129077031 47525.39627454259 2500.0 1)S115 : 2)S115 : 3) : 4)83862.26812001417 47537.16428850379 2500.0 1)S116 : 2)S116 : 3) : 4)84420.69916247638 47529.318945862986 2500.0 ID)T56 Name)T56 61680.82883611965 49278.341932862066 2500.0 61706.418367208564 48795.141217837714 2500.0 ID)T57 Name)T57 61686.757068895604 48476.72902676569 2500.0 61706.418367208564 48795.141217837714 2500.0 ID)T58 Name)T58 61686.757068895604 48476.72902676569 2500.0 61681.84174431736 48169.29656642029 2500.0 ID)T59 Name)T59 61681.84174431736 48169.29656642029 2500.0 61697.21830504224 47584.64962400801 2500.0 ID)T60 Name)T60 61686.757068895604 48476.72902676569 2500.0 60477.58722264801 48460.25943067576 2500.0

- 샘플 데이터를 그림 49와 같이 Indoor4CPP를 이용하여 로드함. CellSpace의 ID(속성값) 와 Geometry(요소값)를 파싱함

```
CindoorgmlCore doc = CindoorgmlCore::LoadFromFile(_T("sample-3D.gml"));

// Get the first (and only) root element <IndoorFeatures>
CIndoorFeaturesType indoorfeatures = doc.IndoorFeatures.first();

CPrimalSpaceFeaturesType PSF = indoorfeatures.primalSpaceFeatures.first().PrimalSpaceFeatures.first();

// iteration: for each <CellSpace>...
for (Iterator<CCellSpaceMemberType> CSMT = PSF.cellSpaceMember.all(); CSMT; ++CSMT)
{
    // output values of ISBN attribute and (first and only) title element
    tcout << "<core:CellSpace gml:id = \"" << tstring(CSMT->CellSpace.first().id) << "\">"<<std::endl;

    gml::CShellType CST = CSMT->CellSpace.first().cellSpaceGeometry.first().Geometry3D.first().Solid.first().exterior.first().Shell.first();

    for (Iterator<gml::CSurfacePropertyType> SFT = CST.surfaceMember.all(); SFT; ++SFT) {

        tcout << "\t<gml:Polygon gml:id = \"" << tstring(SFT.Polygon.first().id) <<"\">" <<std::endl;

        for (Iterator<gml::CDirectPositionType> DPT = SFT.Polygon.first().exterior.first().LinearRing.first().pos.all(); DPT; ++DPT) {
            tcout << "\t\t<gml:pos>" << tstring(DPT) << "</gml:pos>" << std::endl;
        }
    }
}
```

그림 638) Indoor4CPP의 데이터 파싱 예제 코드

- 그림 51과 같이 CellSapce의 id, geometry를 출력됨.

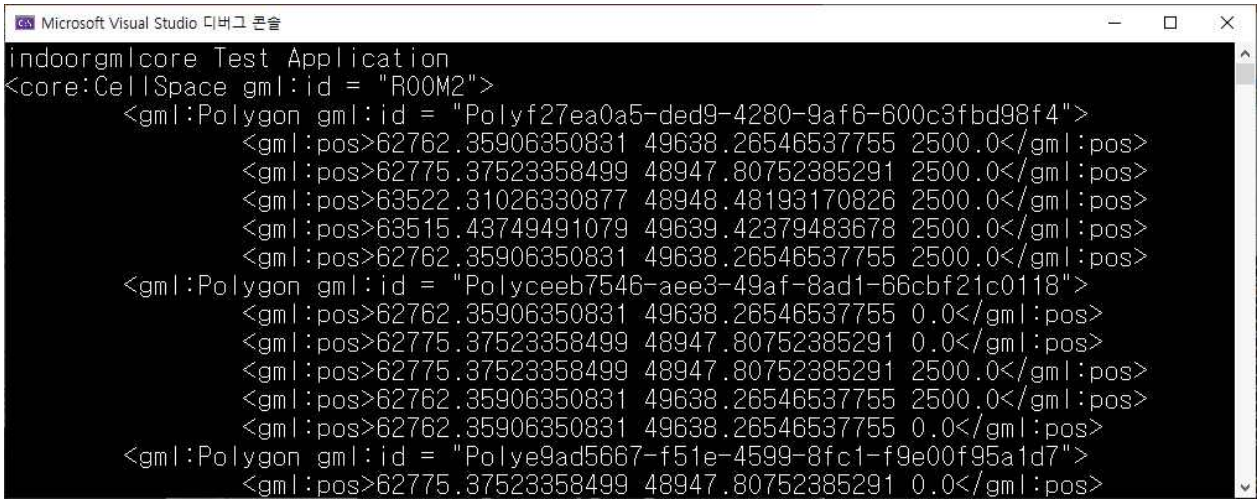


그림 639) Indoor4CPP 예제코드 출력 결과

(라) 실증사이트 및 실증 서비스

- UN: 음성 실내 길 안내 서비스

1] 목적: 시각장애인을 위한 음성을 이용한 실내 길 안내 서비스를 모바일 앱으로 제공

2] 구현 방법: 안드로이드 스마트폰 기반의 실내 측위 기술과 IndoorGML을 활용한 실내정보 가공 및 제공

3] UI 구현: 시각장애인을 위한 서비스이므로 넓은 터치 영역과 간단한 조작에 집중



음성 실내 길 안내 서비스 실행 화면

4] 버튼별 설명

CURRENT LOCATION: 현재 위치의 대략적인 공간 정보제공

START POSITIONING: 측위를 시작하는 버튼 (내부 calibration 기능 호출)

SELECT DESTINATION: 목적지를 선택

DEBUG MODE: 서비스 연구개발을 위한 관리자용 버튼 (추후 삭제될 예정)

START: 길 안내를 시작

CHANGE MODE: 서비스 연구개발을 위한 내부 정보 출력 버튼 (실내 좌표 표시)

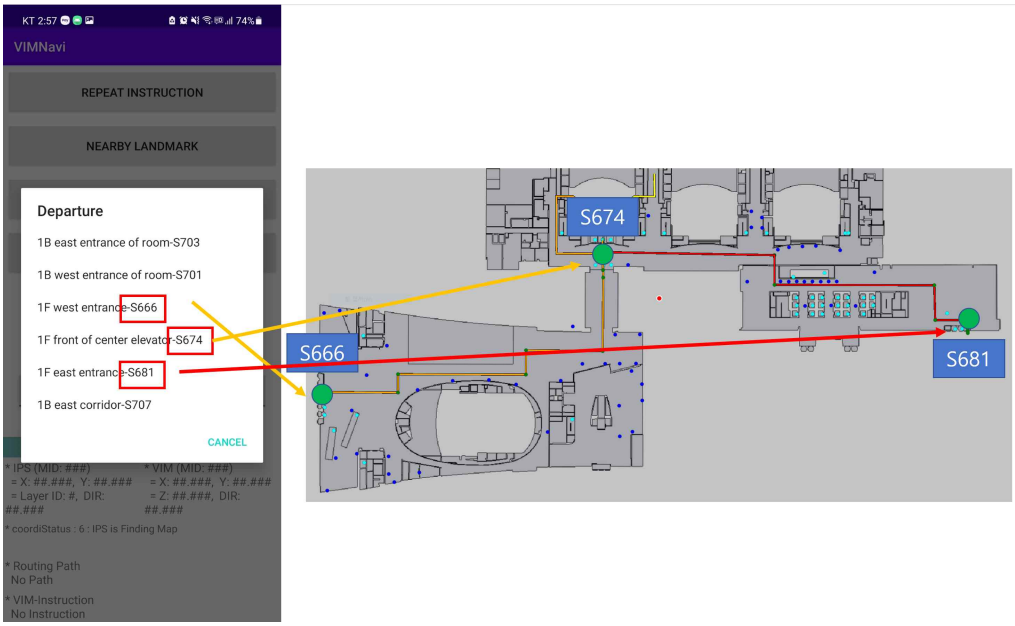
REPEAT GUIDE: 마지막으로 출력한 안내 음성을 다시 재생

NEARBY POI: 현재 근처에 있는 주요 지형지물을 안내

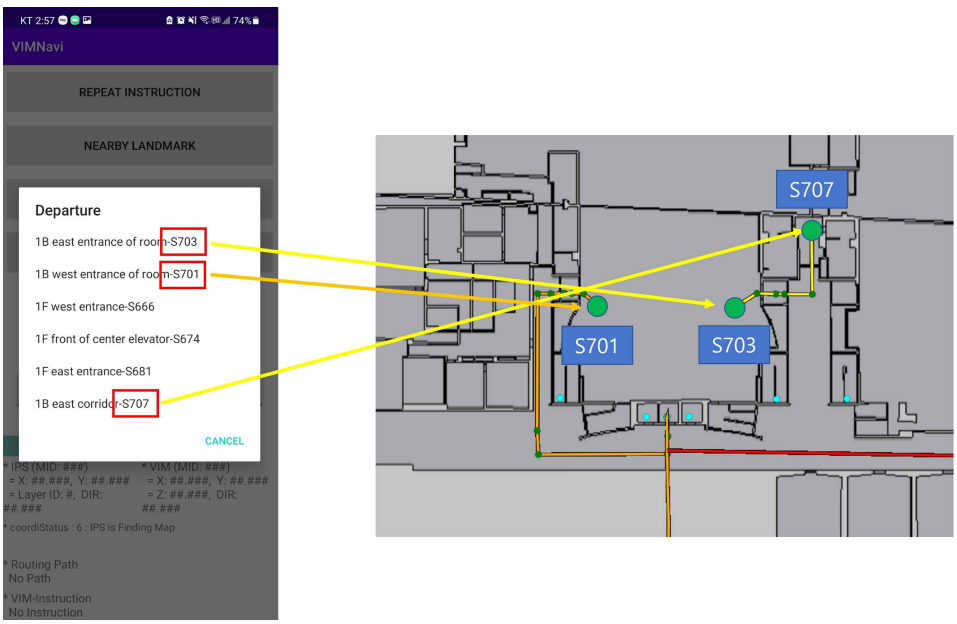
5] 앱 실행 후 서비스 실행 단계:
START POSITIONING 터치 -> CHANGE MODE를 눌러 좌표값이 출력되는지 확인 -> 다시 CHANGE MODE를 눌러 목적지를 선택 -> START 터치 후 길 안내를 진행

6] 실증 서비스 검증을 위한 방법

1) 시작/도착 위치 설정: UN 건물에서의 테스트는 총 6개의 End Point가 존재하며 각 End Point는 시점 또는 도착점으로 설정될 수 있음.

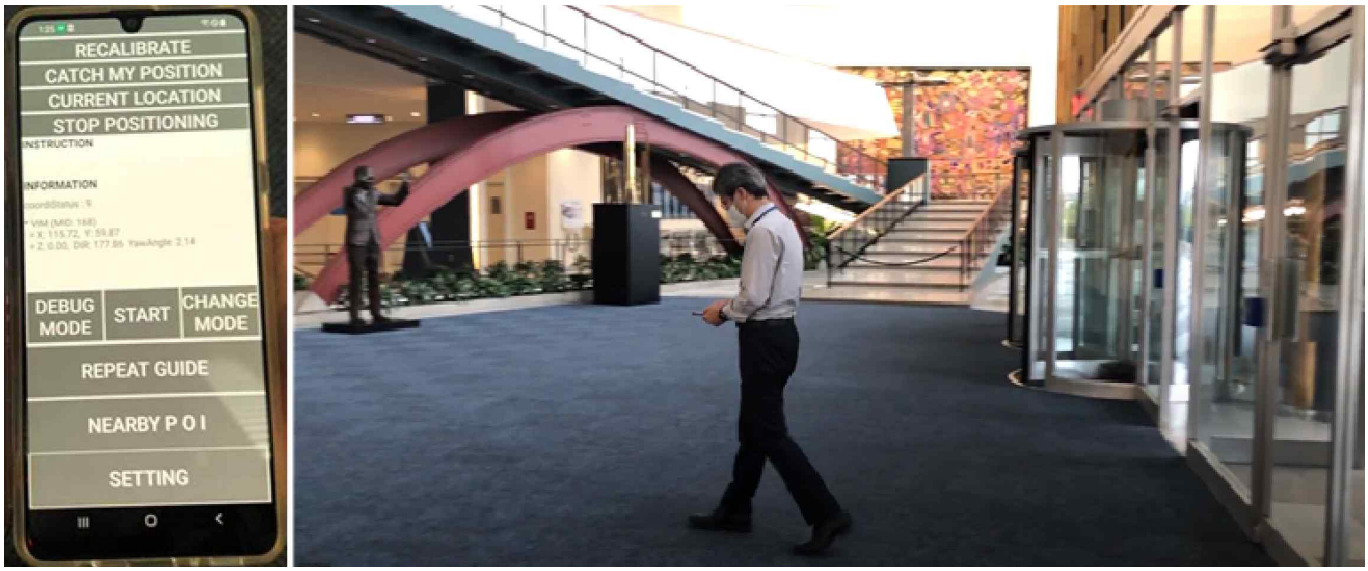


6개 중 3개의 End Point 목록과 지도상의 위치 (지상)



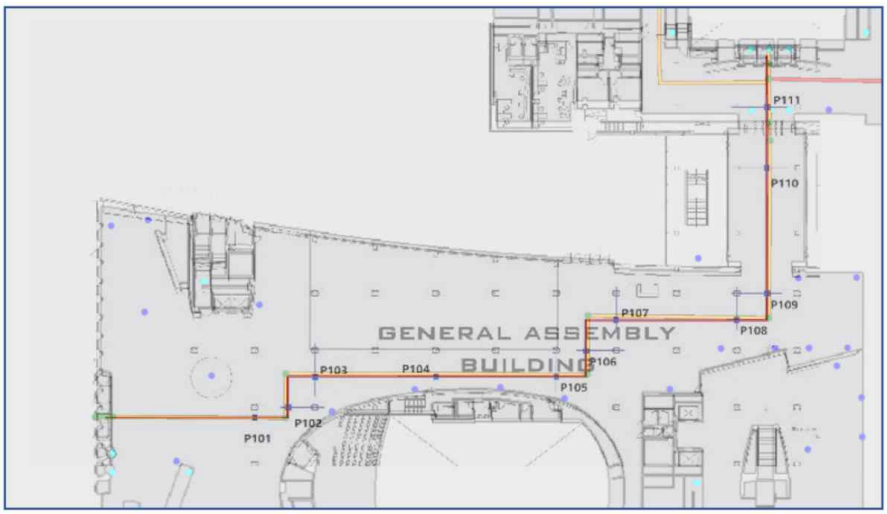
6개 중 3개의 End Point 목록과 지도상의 위치 (지하)

2) 서비스 실행 및 검증: 실내위치 측위는 상황에 따라 오차가 발생할 수 있으며 이를 검증하기 위해 음성안내에 따라 직접 이동해 봄.



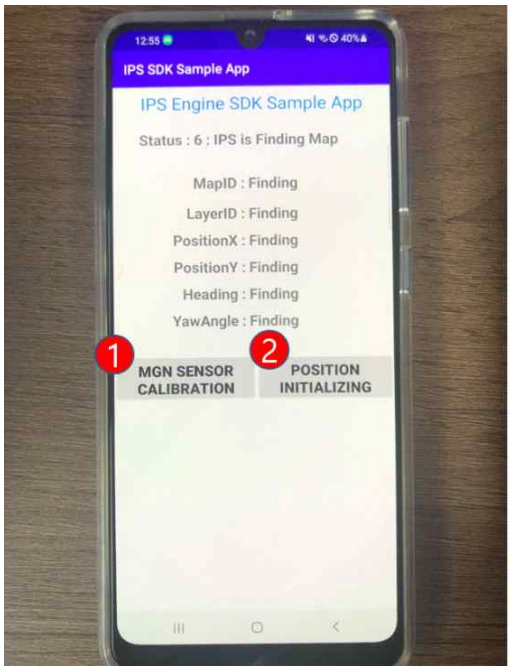
실제 UN 건물에서 서비스 안내 화면 / 음성안내에 따라 검증하는 모습

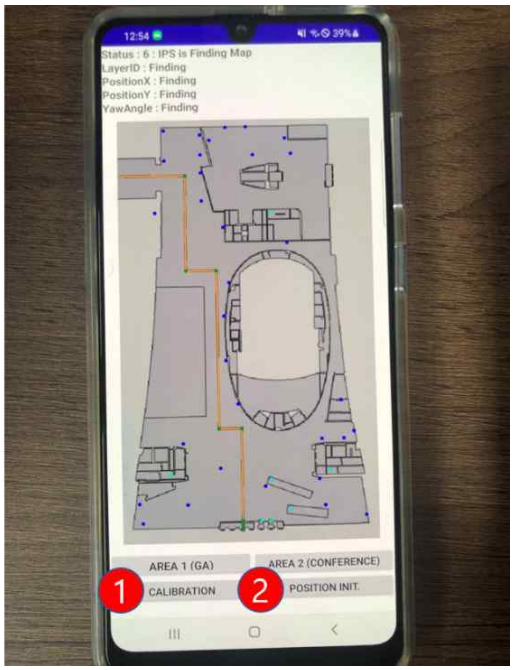
3) 데이터 검증: 실내 측위 시스템에서 사용하는 좌표계와 건물 도면으로 참조되는 좌표계에 차이가 발생 면 서비스 정확도가 많이 떨어지므로 실제 도면과 생성된 데이터를 다시 가시화시켜 두 데이터 간 오차가 없음을 확인하는 작업을 동반함. (오차가 거의 없음을 확인)



도면과 IndoorGML간 투명화 겹침으로 좌표 일치도 검증

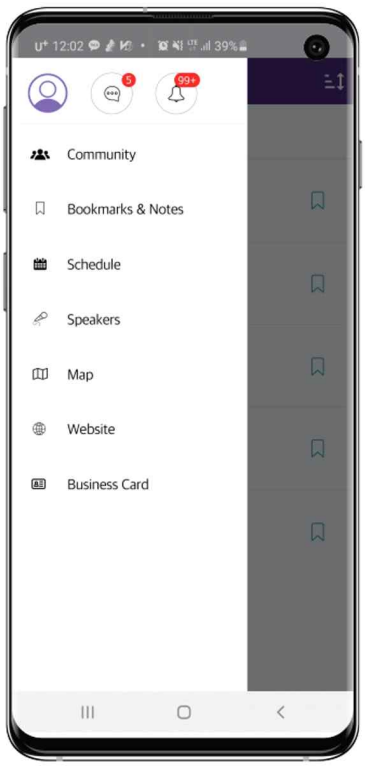
3) 실내 측위 환경 검증: 실내 측위는 와이파이, 지구 자기장, 주변 건물 환경 등 다양한 영향으로 시간 및 위치별로 실내위치를 인지하는데 필요한 정확도가 보장되지 않을 수 있음. 이를 위해 현재 위치를 정확한 수치로 표현하는 앱과 직관적으로 위치 및 바라보는 방향을 인지할 수 있는 지도형태로 표현하는 앱으로 UN 건물에 대해 실내 측위 환경을 검증하였음.





실내 측위 서비스 정확도 검증 (1번 버튼: 센서 재설정/2번 버튼: 위치 재인식)

- iCongress

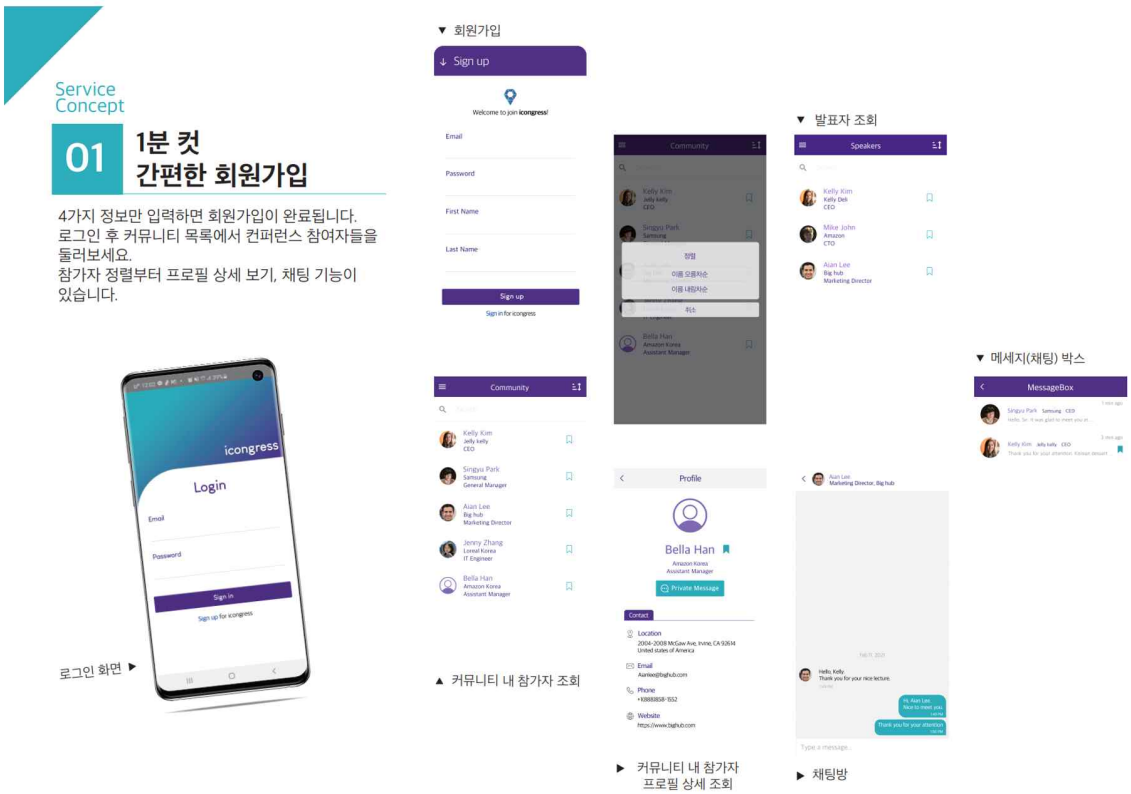




iCongress 실행 화면 및 로고

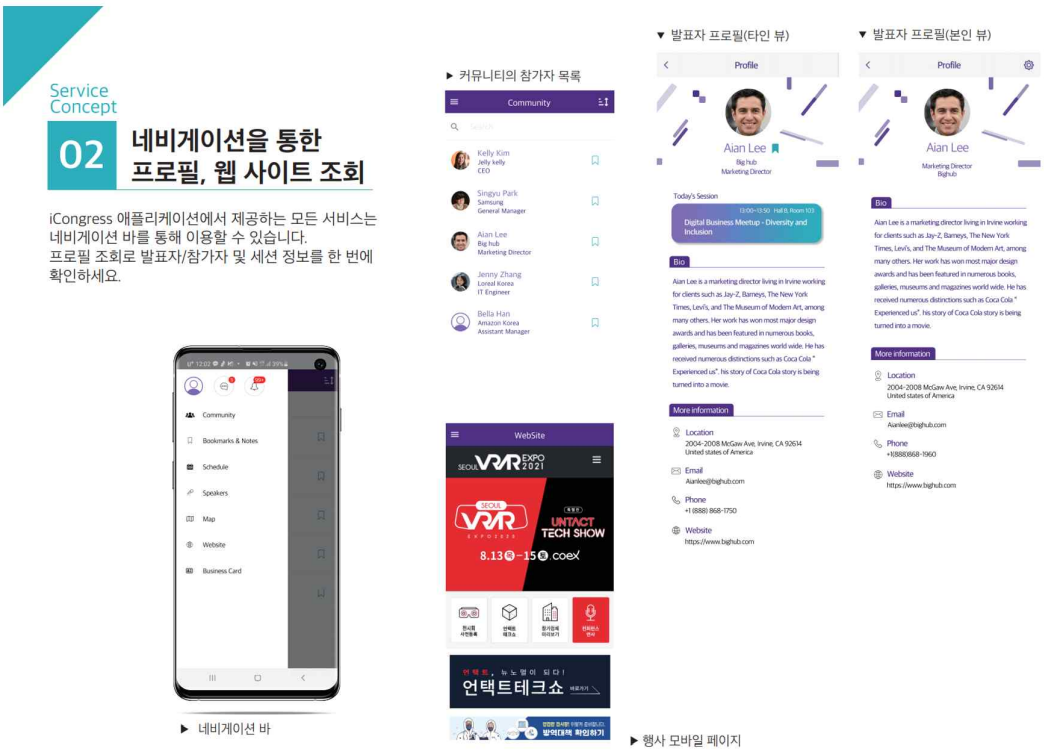
1] 개요: MICE 산업에서 낭비되는 세부 행사정보 검색 시간을 실내공간 추적기술로 단축해주는 모바일 솔루션. 실내 측위 시스템 도입으로 사용자의 실내위치를 기본으로 제공하므로 기존의 행사정보 앱과는 차별성을 두어 대형 컨벤션 센터를 중심으로 한 새로운 실내공간 서비스를 제시함.

2] 메인 컨셉: 총 6가지 서비스로 구성되며 각 서비스 내용은 다음과 같음



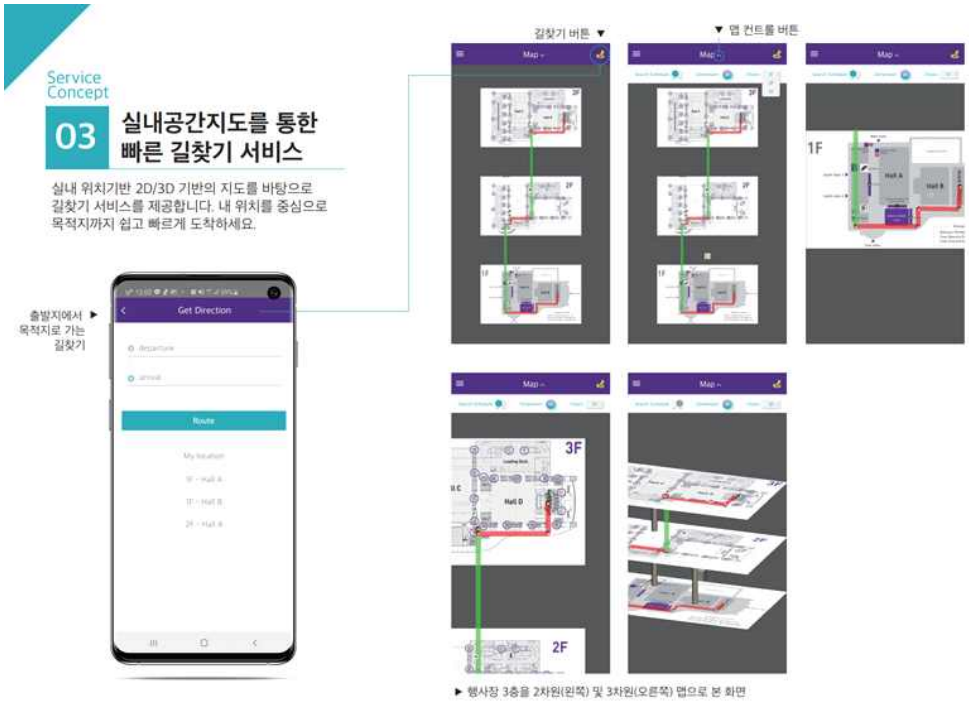
<서비스 컨셉 1>

간단한 회원가입으로 개인화 서비스 제공이 가능하며 개인화 서비스에는 추후 설명할 세션 정보 북마크, 세션 메모, 명함 저장, 채팅 내용 등 개인화 정보와 관련된 모든 정보를 포함함



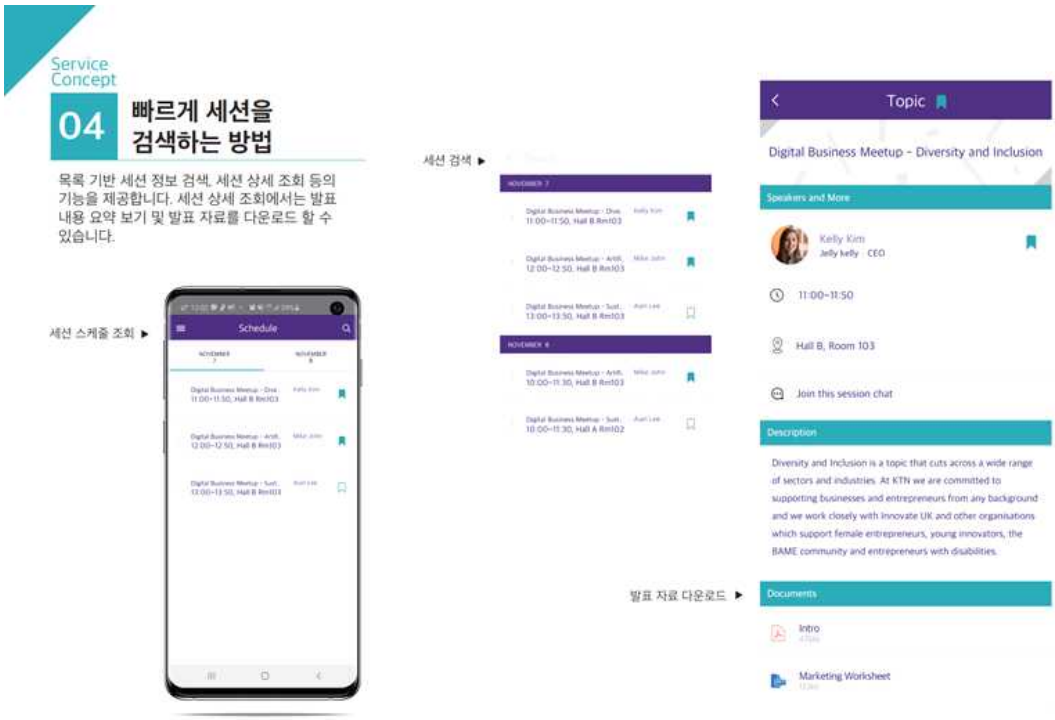
<서비스 컨셉 2>

모바일 웹 페이지에서는 잘 제공하지 않는 컨퍼런스 내용 검색기능을 필수적으로 제공하며 검색결과 조회화면은 사용자 편의성을 고려한 편리한 UI/UX 형태로 표현됨



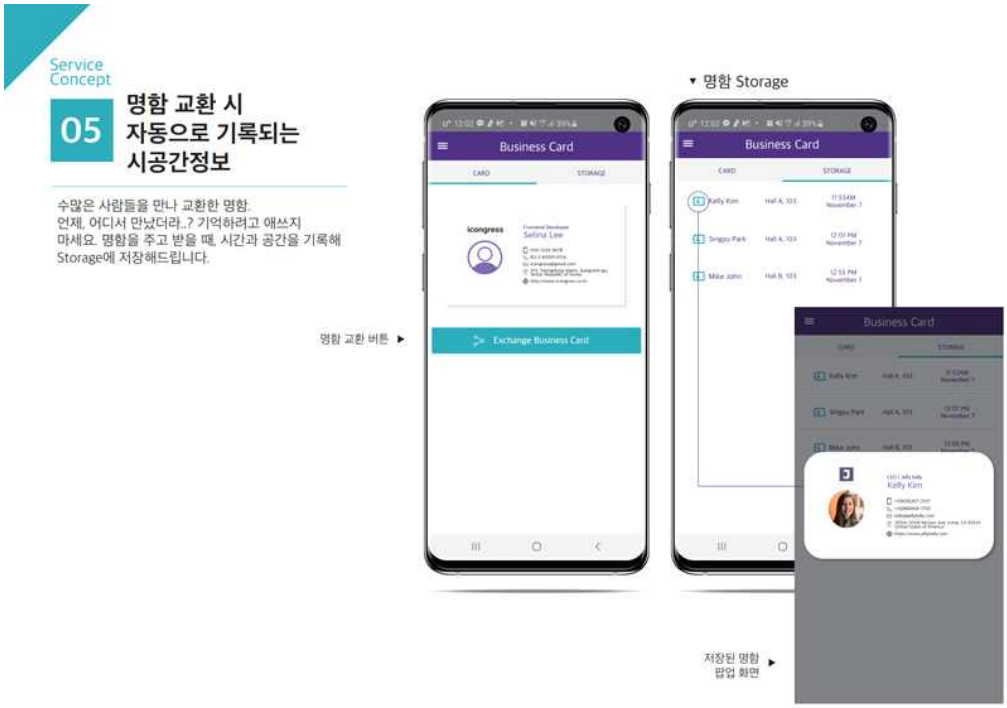
<서비스 컨셉 3>

실내 측위 시스템을 기반으로 건물 내 현재 사용자의 위치에서 사용자가 원하는 구체적인 실내 장소까지의 길 찾기 결과를 2D/3D 형태의 실내지도로 제공함. 3D 결과의 경우 위 그림에서처럼 모든 층의 이동 경로를 한눈에 파악 가능



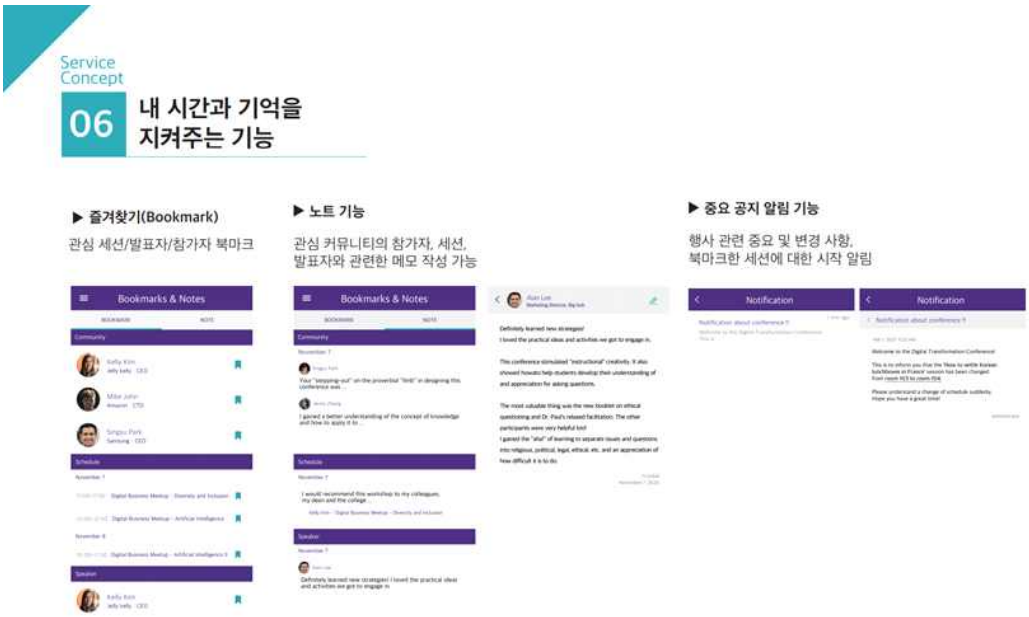
<서비스 컨셉 4>

대형 컨퍼런스는 수십 개의 발표정보로 구성되는 경우가 많음. 이런 복잡한 발표정보들을 간편하게 검색할 수 있으며 각 발표에 사용되는 발표자료를 따로 출력해둘 필요 없이 언제나 다운로드할 수 있음.



<서비스 컨셉 5>

사용자 간 연락처 정보를 앱 내부에 저장하여 디지털 명함보관소로 이용. 명함 정보는 회원가입시 사용자가 입력한 정보이며 종이명함과는 달리 수시로 정보를 업데이트할 수 있음.



<서비스 컨셉 6>

대형 컨퍼런스 정보는 트랙/세션 등으로 복잡한 구성으로 내가 원하는 발표를 따로 기억하기가 어려움. iCongress는 내가 원하는 발표를 북마크 하여 컨벤션 센터에서 발표장 입장에 편의성을 제공함.

3] 서비스 적용: iCongress는 컨퍼런스중심이 아니라 컨벤션 센터 중심으로 적용되며 국내 서비스 적용 가능 대상은 아래 표와 같음

센터명	해당 센터 서비스 결정 부서
벡스코(BEXCO)	전시장 마케팅 사업실, 컨벤션 마케팅실
코엑스(COEX)	베뉴 사업본부 -> 공간 사업팀, 미래전략팀
킨텍스(KINTEX)	사업본부 -> 마이스전략실, 전시 사업실
송도컨벤시아(Songdo Convensia)	전시 마케팅팀, 컨벤션마케팅팀
김대중컨벤션센터(KDJ Center)	컨벤션마케팅실, 혁신사업실
대전컨벤션센터(DCC)	MICE운영팀
대구전시컨벤션센터(EXCO)	사업본부 -> 마이스사업실
수원컨벤션센터(SCC)	마이스 본부 -> 지역마이스TF 및 마이스운영팀
평창알펜시아컨벤션센터(Alpensia)	사업개발본부 -> 건설사업단, 알펜시아사업단
군산새만금컨벤션센터(GSCO)	MICE사업팀
경주화백컨벤션센터	MICE사업본부 -> 컨벤션서비스팀
창원컨벤션센터(CECO)	마케팅팀
제주국제컨벤션센터(ICC Jeju)	전략사업추진단, 마케팅실, 마이스기획실

iCongress 적용 가능한 장소 및 핵심 관리 부서

4] iCongress 서비스 예상 효과

a) 실내공간 관련 서비스를 개선하여 컨벤션센터 경쟁력 향상

b) 사회자에게 문의 사항을 마이크 없이 스마트폰만으로도 전달할 수 있는 상황 또는 수백 명 단위 설문조사를 발표장 단위로 즉시 진행할 수 있으므로 “행사 진행요원 인력부담을 낮춤”

c) 스마트폰으로 안내받을 수 있는 정보가 많아지므로 “컨벤션센터 현장 인력부담을 낮춤”

d) 스마트폰으로 해결할 수 없는 서비스(행사장 현장감독, 장애우 보조 등)에 집중할 수 있는 “비-스마트폰 문제 해결을 위한 인력자원을 더 확보 가능”

e) 본 서비스의 도입으로 컨벤션센터는 “인력추가 없이 향상된 행사 유치 역량을 보유하게 됨”

- InCovid
- 실내에서 바이러스가 확산되는 방법
- InCOVID는 SIMOGen에서 생성한 IndoorGML data와 이동물체의 궤적 데이터 그리고 바이러스 전파 모델을 사용 한다.
- InCOVID를 이용한 바이러스 전파 생성 과정은 아래 그림에서 확인할 수 있다.

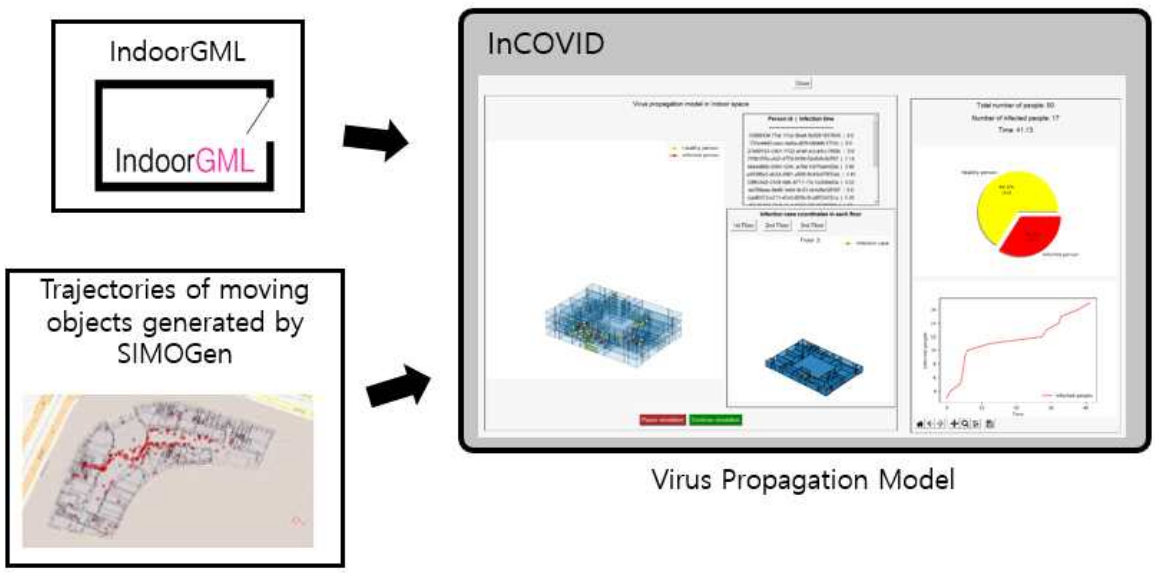
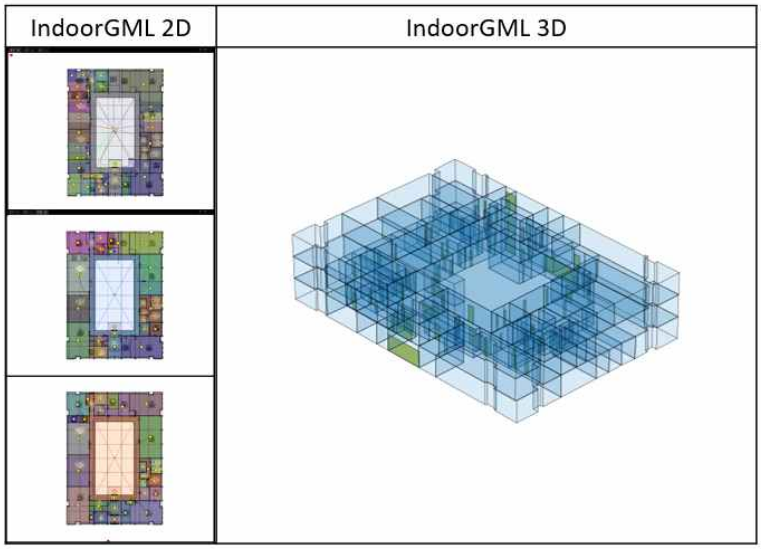


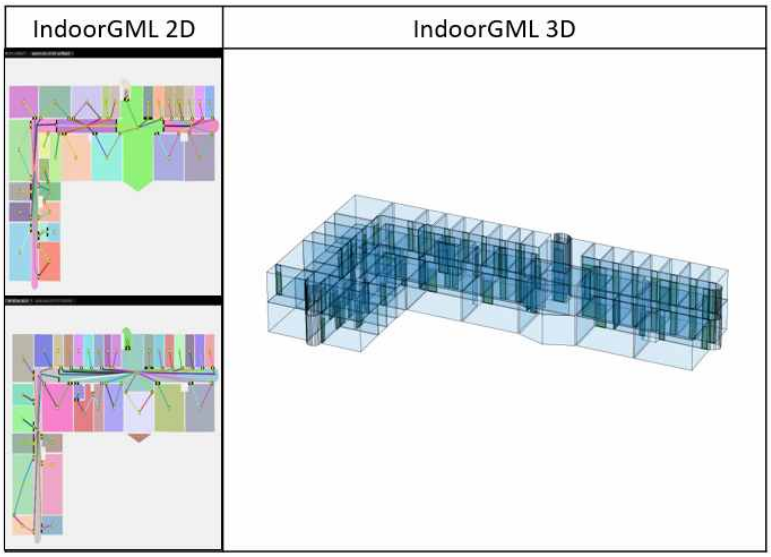
그림 653) InCOVID를 이용한 바이러스 전파모델 생성과정

• Buildings used for testing 테스트를 위한 건물
  - 부산대학교 내의 두 개의 건물을 IndoorGML 데이터로 사용
  1. Building 201
  2. Building 313



Attributes	Quantity
Floor	3
Room	70
Entrance	1
Stair	4
Elevator	3
Corridor	2

Building 201 (1st, 2nd, 3rd floors)

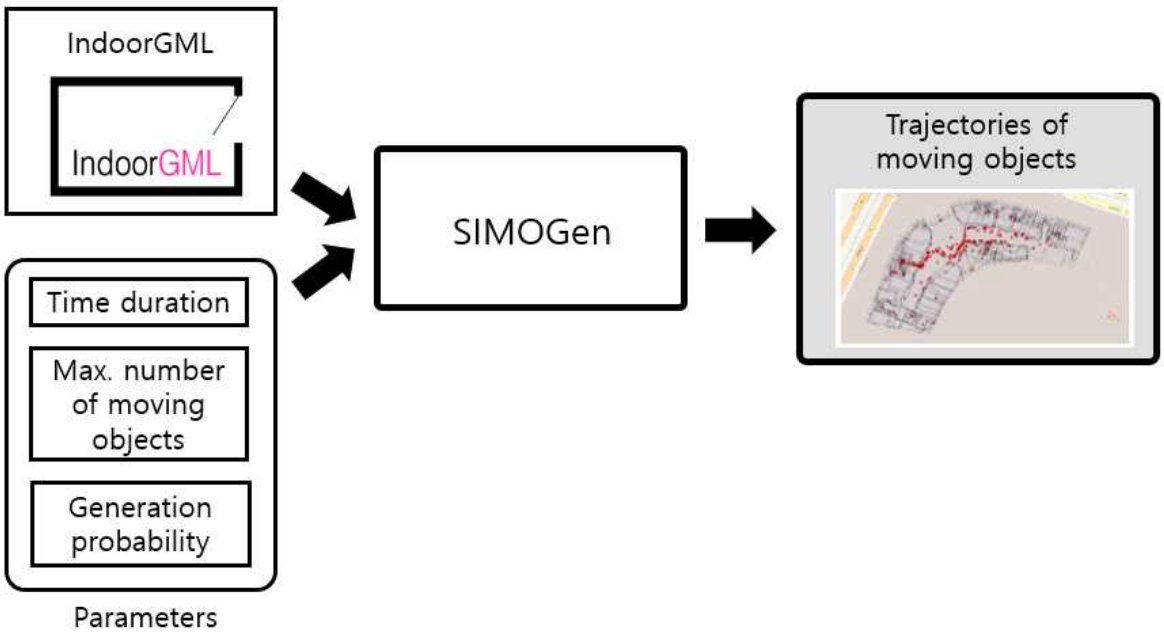


Attributes	Quantity
Floor	2
Room	61
Entrance	1
Stair	5
Elevator	2
Corridor	6

Building 313 (3rd, 4th floors)

• SIMOGen
  - 실내공간에서 이동하는 물체의 궤적을 생성하는 프로그램
  - Input:
    - IndoorGML
    - Parameters: time duration, maximum number of moving objects, generation probability of workers and visitors
  - Output:
    - trajectories of moving objects
  - 이동하는 물체의 궤적 생성 과정은 아래 그림에서 확인할 수 있다.

• Propagation model
  - 감염 모델에서는 다음과 같은 두 개의 규칙을 정했다.



SIMOGen을 이용한 이동하는 물체의 궤적 생성과정

- 두 사람이 한 공간에 있는가?
- 한 방에서 얼마나 두 사람이 가까이 있는가?

– 두 사람이 다른 방에 있다면 감염 확률은 0 으로 가정한다.

• Virus propagation model

– 만약 두 사람 사이의 거리가 임계값 거리보다 작거나 같은 경우 감염 확률은 기본 감염 확률과 같다고 가정한다.

– 두 사람 사이의 거리가 임계 값 이상일 경우 감염확률은 기본감염확률에서 두 사람 사이의 거리로 나눈 값과 같다.

– 감염확률을 계산하는 공식은 아래 그림에서 확인 할 수 있다.

$$p_i = \begin{cases} \text{If } d_\varepsilon < d_{act}, & \frac{p_d}{d_{act}2} \\ \text{If } d_\varepsilon \geq d_{act}, & p_d \end{cases}$$

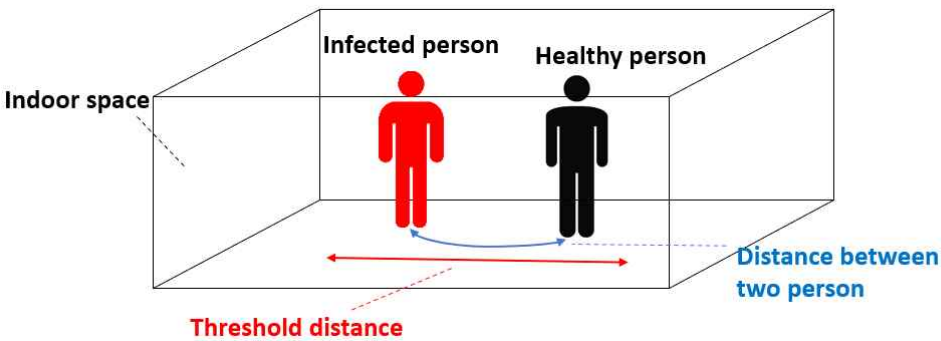
Where:

p_i: Infection probabilty

d_ε: Threshold distance

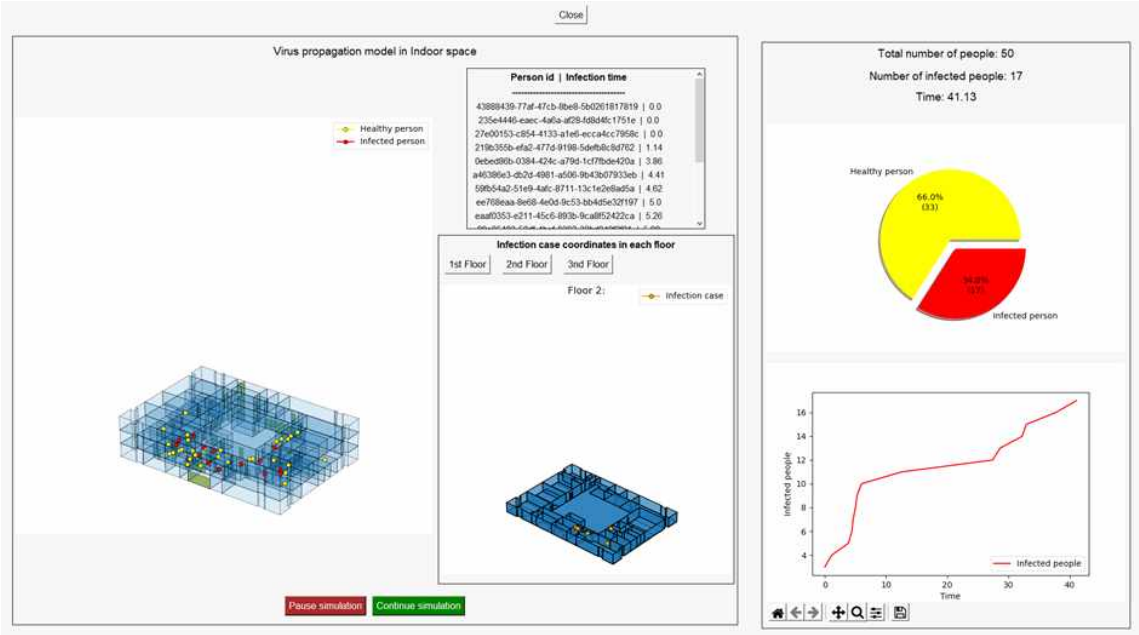
d_{act}: Distance between two persons

p_d: Default infection probability



감염확률을 계산하기 위한 공식

– InCOVID에 의한 테스트 건물 및 결과는 에서 확인 할 수 있다.



InCOVID에 의한 바이러스 전파 모델

- **결론**

InCOVID 는 IndoorGML을 이용한 바이러스 전파 분석하여 증명하는 프로젝트이다. 이 프로젝트는 시작 단계이며 개선이 필요하다. 향후 연구는 실제 사례를 통한 검증, 바이러스 전파 모델 측면에서 전파 모델 및 실내 구조 분석을 개선하는 것이다.

– TICA

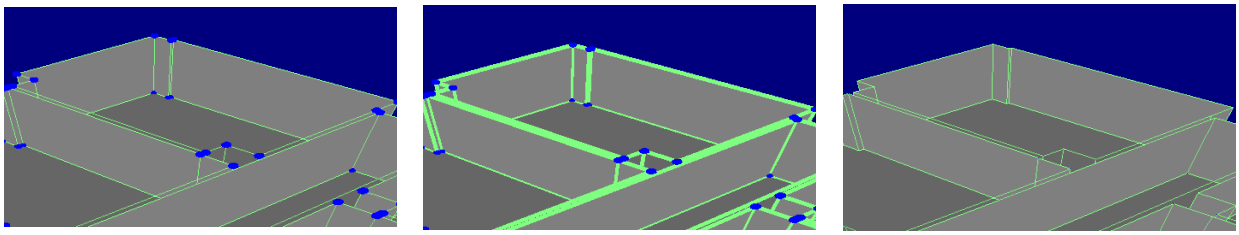
- TICA(Triangulated mesh-based Indoor Cleaning and Authoring tool)는 IndoorGML 데이터의 생성 과정에 있어서 가장 마지막 단계에서 최종적으로 기하를 편집하고 노이즈와 같이 불필요한 기하 객체들을 제거 및 교정한 후 IndoorGML에서 규정하고 있는 실내 공간의 정보를 입력하는 도구이다. TICA에서 편집된 정보들은 InFactory를 통해 IndoorGML로 저장된다.

- 지원 기능 개요

분류	기능	개요
시각화	포인트클라우드	포인트클라우드 데이터 시각화
	큐브맵 텍스쳐	현재 모델에 큐브맵 텍스쳐를 입혀서 시각화
	Obj 모델	3차원 모델(텍스쳐 포함)을 시각화
	Z-좌표 필터링	다층 구조 편집을 위한 Z좌표 기준 클리핑
기하 편집	삼각형 생성	선택한 정점을 세 점으로 하는 삼각형 생성
	다각형 생성	기준 평면 상에 다각형 생성
	벽면 생성	선택한 모서리에 수직으로 벽면을 생성
	반대면 복사 생성	선택한 면과 동일 모양의 반대방향 면 생성
	바운딩박스 생성	선택한 객체들을 포함하는 직육면체 생성
	동일 평면 면 선택	선택한 면과 같은 평면상에 있는 면 선택
	연결된 면 선택	선택한 면과 이어져있는 면을 모두 선택
	객체 내부 면 선택	선택한 면으로 이루어진 객체 내부 면 선택
	돌출	선택한 면을 돌출시켜 3차원 객체 생성

	분할	선택한 면을 2개의 면으로 분할
	다각형 기하 편집	다각형 정점 추가, 이동, 삭제 편집
	홀 제거	다각형 내부의 홀을 제거
	다각형 평행 이동	선택한 면을 수직방향으로 평행이동
	다각형 방향 수정	선택한 면의 법선벡터를 반대로 수정
	다각형 평탄화	선택한 면의 정점들을 단일 평면에 투영
	다각형 병합	선택한 면들을 하나의 다각형으로 병합
	정점 정렬	선택한 정점을 특정 기준에 따라 정렬
	기하 검사	기본적인 기하 무결성 검사
연결 구조 편집	출입문 생성	선택한 벽면 사이에 출입문 생성
	인접면 연결	선택한 벽면의 투영 교집합을 기준으로 연결
공간 속성 편집	State/Transition 자동 생성	입력한 출입문 정보를 통해 연결 구조 생성
	State/Transition 편집	State 및 Transition의 기하 편집
	공간 속성 편집	IndoorGML 관련 공간 속성 부여 및 편집
입출력	IndoorGML 내보내기	InFactory를 이용하여 IndoorGML 저장

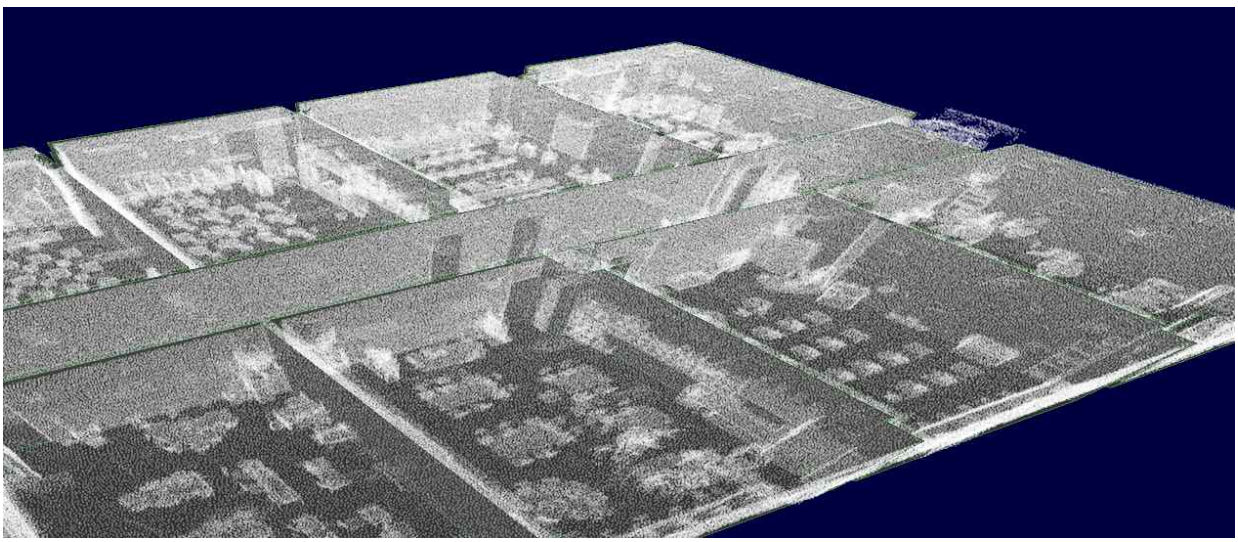
• 기본 3차원 객체 시각화: 편집 유형에 따라 정점과 모서리를 강조해서 볼 수 있도록 옵션 조절 가능



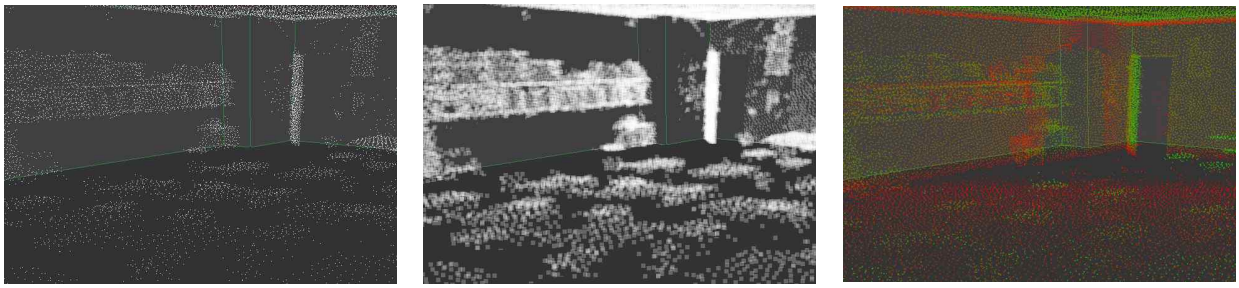
(a) 기본값 (b) 모서리 강조 (c) 정점 없음

모서리 및 정점 강조 옵션

• 포인트클라우드 시각화: 현재 편집 중인 3차원 객체의 생성에 사용된 포인트 클라우드 데이터(.pcd)를 모델과 같이 시각화를 함으로써 누락되거나 실제와 불일치한 구조들을 수정할 수 있음.



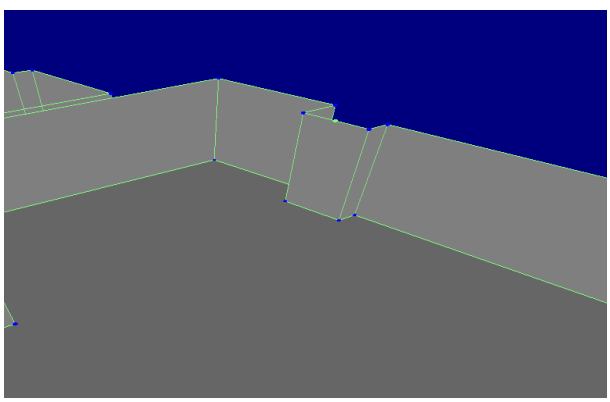
포인트 클라우드 데이터 시각화



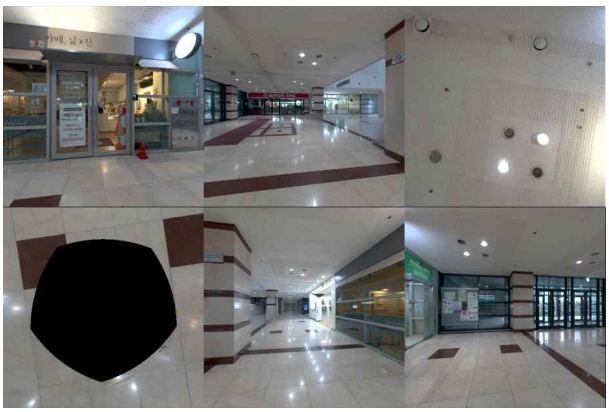
(a) 기본값 (b) 점 크기 및 투명도 조정 (c) 벽면과 거리에 따른 색 부여

옵션 조정에 따른 포인트 클라우드 시각화 방법의 차이

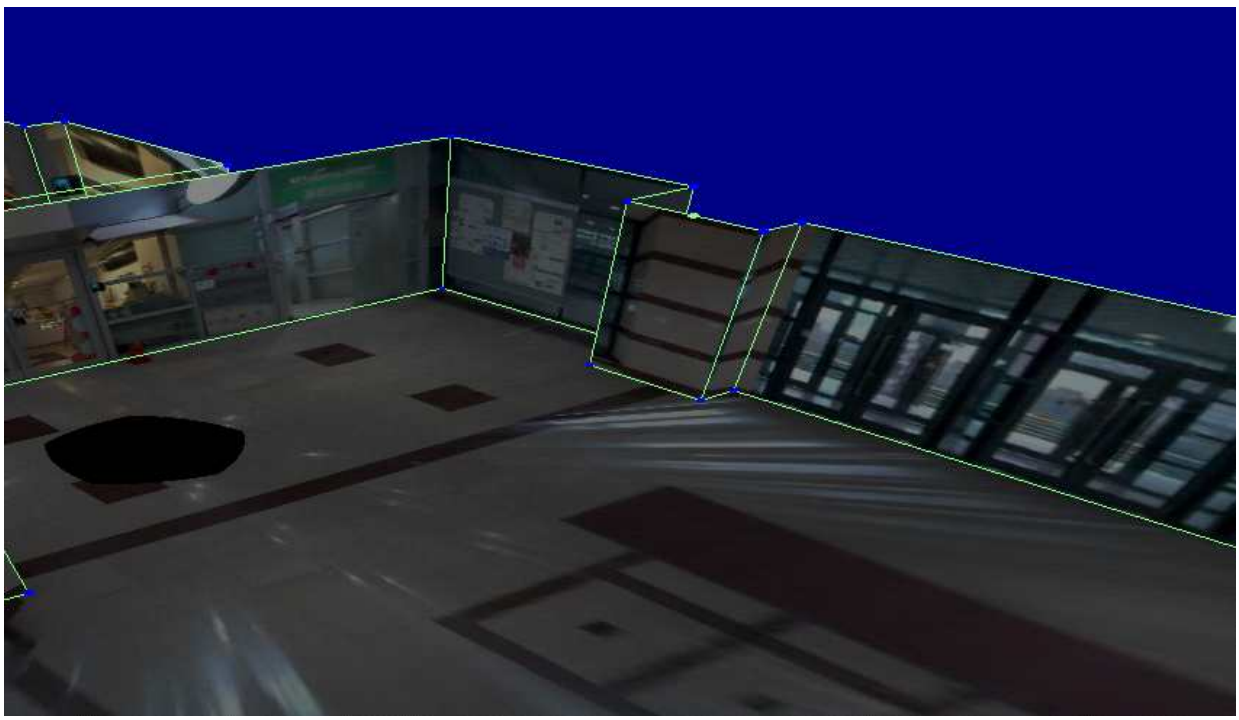
- 큐브맵 텍스쳐 시각화: 360도 카메라로 촬영한 정지영상을 현재 편집 중인 3차원 모델과 함께 시각화 함으로써 실내 공간의 각 부분에 대한 의미론적인 구조 파악을 용이하게 하며, 시각적인 검사를 통하여 실제와 불일치한 구조를 발견 및 수정할 수 있음.



(a) 기하 객체

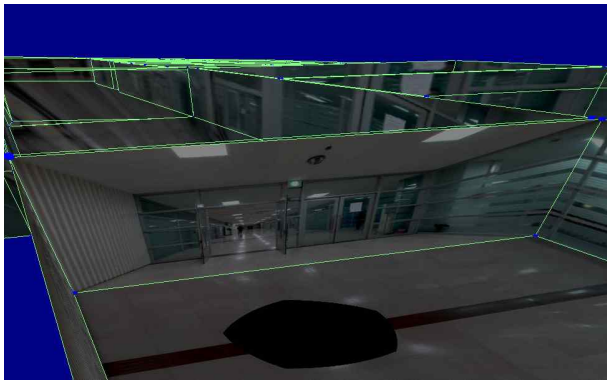


(b) 큐브맵 텍스쳐

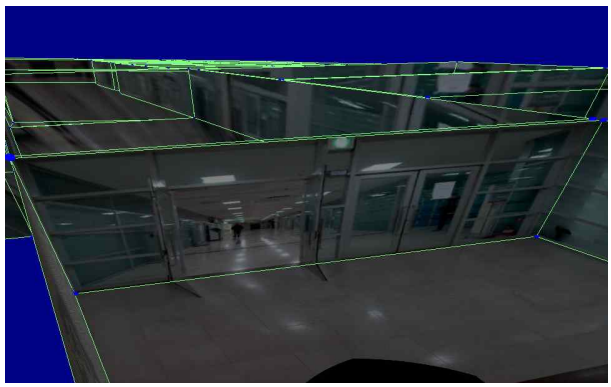


(c) 큐브맵 텍스쳐를 입힌 결과

큐브맵 텍스쳐 데이터 시각화



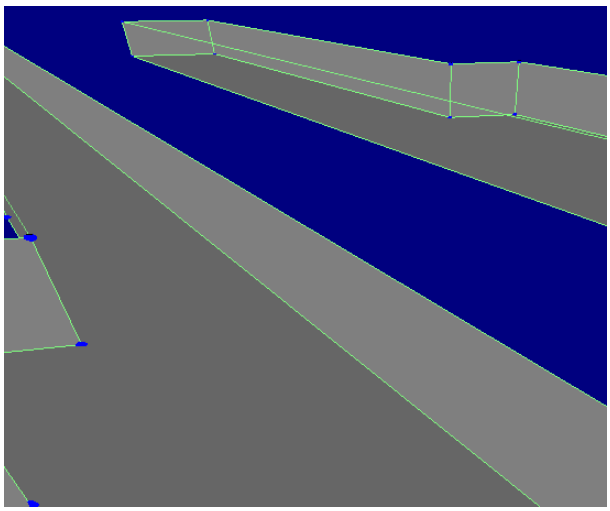
(a) 텍스쳐 불일치가 발생한 사례



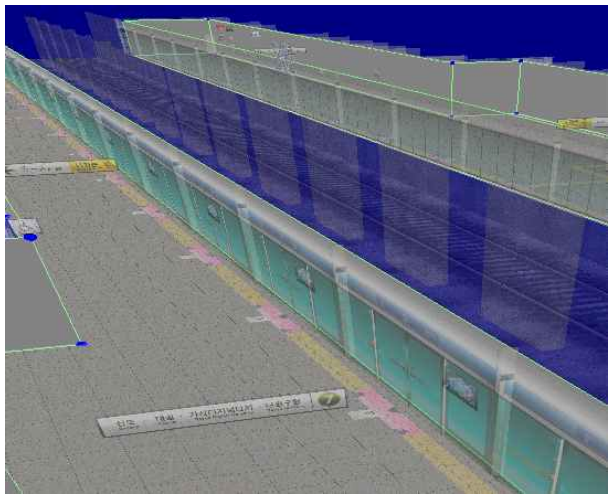
(b) 텍스쳐 상대좌표 조정 후

텍스쳐 불일치가 발생하는 경우 맵핑 위치를 조정하여 기하와 일치되도록 만드는 예

• Obj 모델 시각화: 다른 3D 모델링 도구를 이용하여 구축한 데이터가 있는 경우 해당 데이터를 같이 시각화하여 IndoorGML 데이터 변환 과정에 있어서의 정확성을 시각적으로 검증할 수 있음.



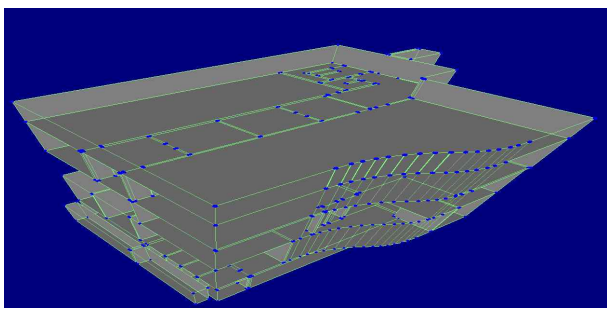
(a) 기하 객체



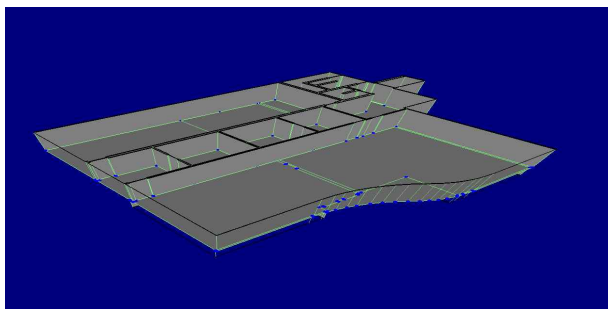
(b) 시각화

Obj로 저장된 3차원 모델을 편집 중인 객체와 동시에 시각화

• Z-좌표 필터링: 다층 구조의 실내공간 편집에 있어서 특정한 층을 편집하는 등의 작업을 지원하기 위하여 Z-좌표를 기준으로 일정 범위 내의 객체들만 시각화될 수 있도록 하는 필터링 기능을 지원함.



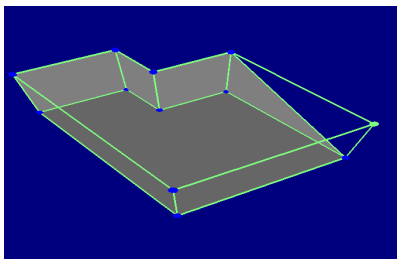
(a) 전체 기하 객체



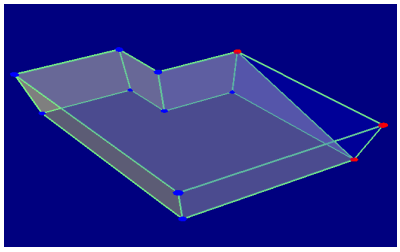
(b) Z-좌표 필터링

Z-좌표 필터링을 활용하여 특정 층만 렌더링

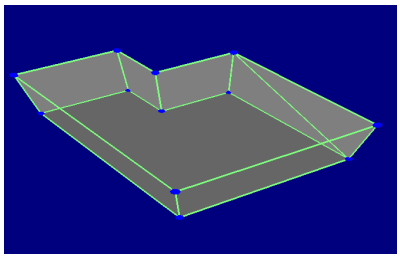
• 삼각형 생성: 가장 기본적인 다각형 생성 작업으로서 기존에 존재하는 정점을 활용하여 삼각형을 생성함. 생성되는 삼각형의 방향은 카메라 쪽을 향하도록 자동으로 조정.



(a) 편집 전



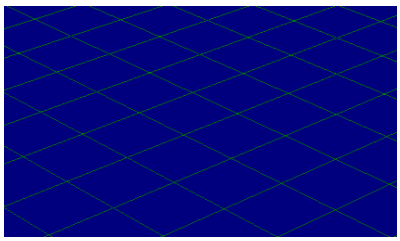
(b) 정점 선택 (적색)



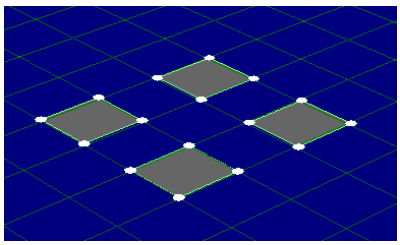
(c) 삼각형 생성

삼각형 생성 기능

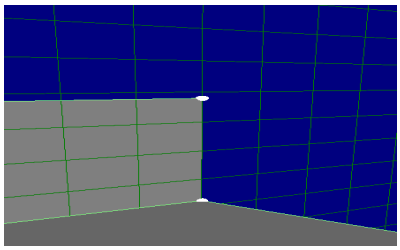
- 다각형 생성: 기준이 되는 평면상에서 새로운 다각형을 생성함. 동일 평면(예를 들어 바닥면) 상에 다수의 면을 생성할 때 유용함.



(a) 기준 평면



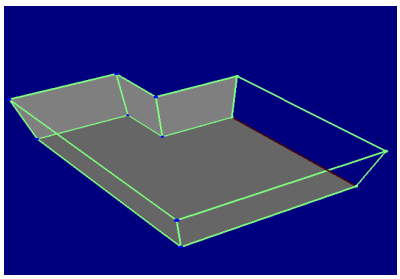
(b) 다각형 생성



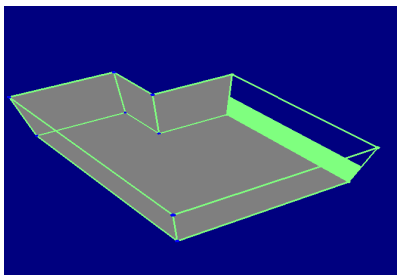
(c) 벽면을 기준평면으로 둔 예

기준 평면을 이용한 다각형 생성 기능

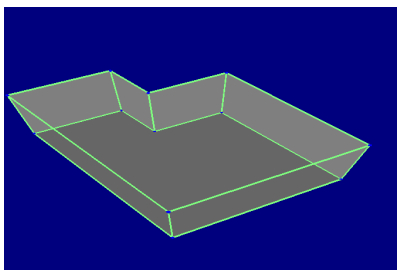
- 벽면 생성: 벽면이 누락된 경우, 해당 방향의 모서리를 선택한 후 바닥면에 수직인 방향으로 벽면을 생성할 수 있음



(a) 모서리 선택



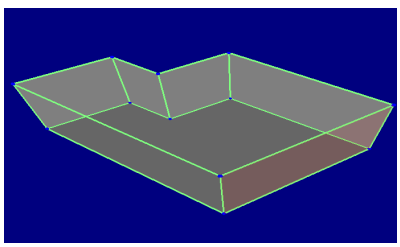
(b) 벽면 생성



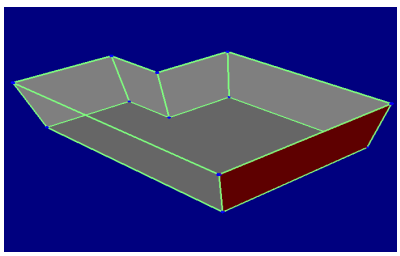
(c) 정점 연결 및 마무리

벽면 생성 기능

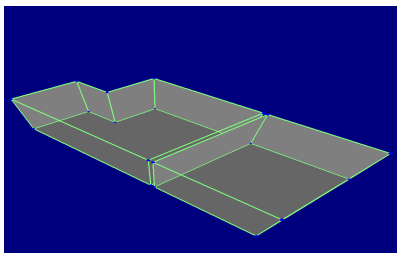
- 반대면 복사 생성: 현재 바라보고 있는 면 너머의 공간이 누락된 경우 이를 생성하기 위해 선택한 면을 복사한 후 방향으로 반대로 수정하여 새로운 면을 구성할 수 있음



(a) 벽면 선택 (투명한적색)



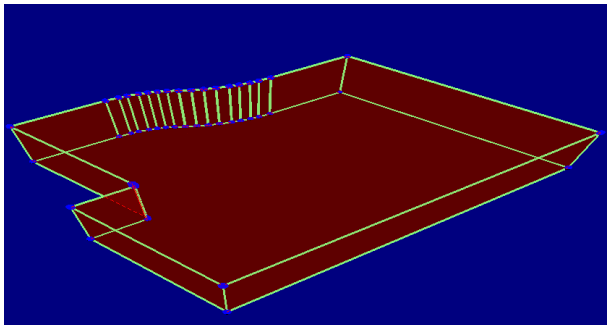
(b) 벽면 복사



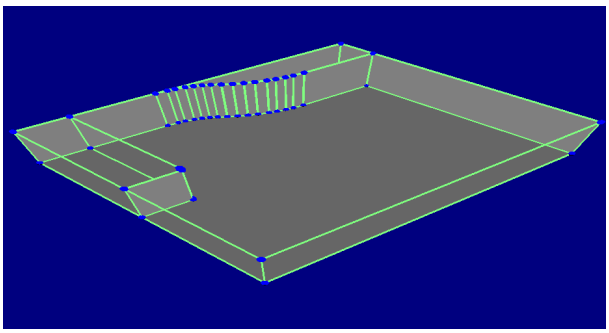
(c) 복사된 벽면의 활용

반대면 복사 생성 기능을 활용하여 새로운 방을 만드는 예

- 바운딩박스 생성: 누락된 공간의 구체적인 형태를 구성하기 힘들거나, 불필요하게 복잡한 형태의 실내 구조를 단순하게 표현하고자 하는 경우, 선택한 객체들을 포함하는 직육면체를 생성하여 활용함



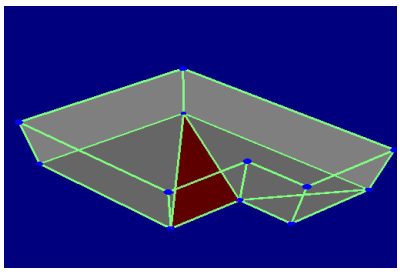
(a) 객체 선택



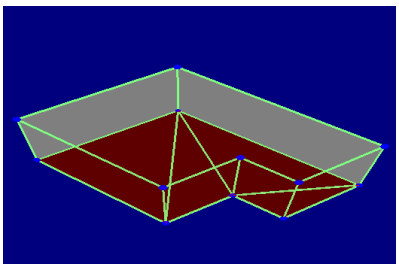
(b) 바운딩박스 생성

바운딩박스 육면체를 생성하는 과정.

- 동일 평면 면 선택: 동일한 평면을 표현하기 위해 많은 면들이 평행으로 구성되어 있는 경우 이들을 한 번에 선택할 수 있는 기능을 제공



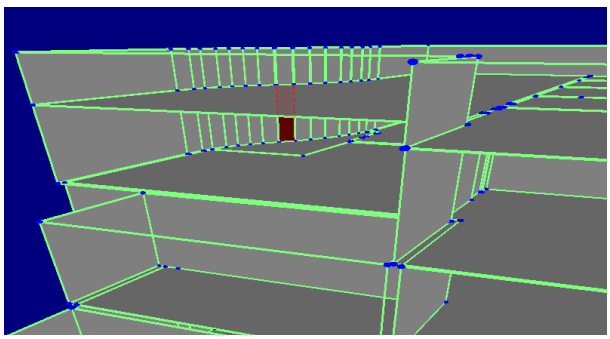
(a) 면 선택



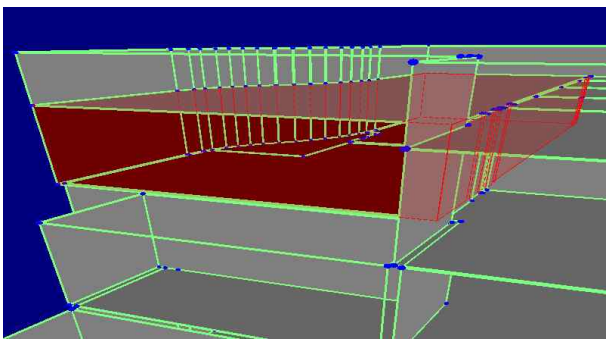
(b) 동일 평면 면 선택 후

동일 평면 면 선택 기능

- 연결된 면 선택: 동일 공간을 표현하고 있는 기하 객체들을 확인 및 편집하기 위해 연쇄적으로 연결된 다각형들을 동시에 선택할 수 있는 기능을 제공



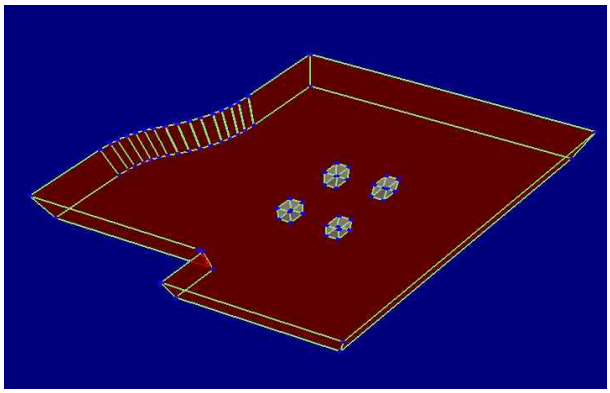
(a) 면 선택



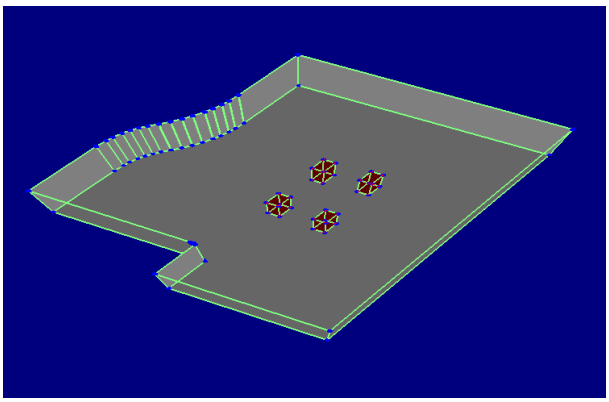
(b) 연결된 면 모두 선택

연결된 면 선택 기능을 이용하여 단위 공간을 구성하는 면들을 확인할 수 있음.

- 객체 내부 면 선택: 동일한 공간이 중복되어 표현되거나 공간 내부에 존재하는 가구와 같은 객체들을 표현하는 면들을 확인 및 제거하기 위하여 선택된 다각형으로 구성된 객체 내부의 면을 모두 선택하는 기능을 제공.



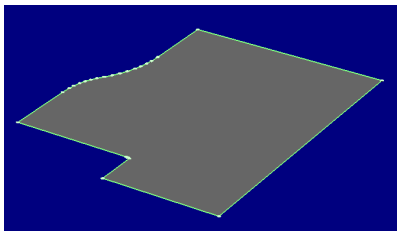
(a) 객체 선택



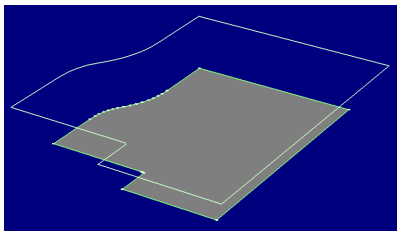
(b) 객체 내부 면 선택 후

객체 내부 면 선택 기능을 이용하여 노이즈 제거 등에 활용할 수 있음

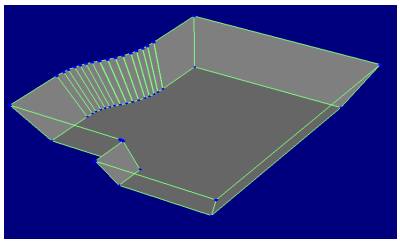
- 돌출: 바닥면에 수직인 벽면과 반대 방향을 바라보는 천장면을 자동으로 생성하여 3차원 객체를 구성.



(a) 바닥면



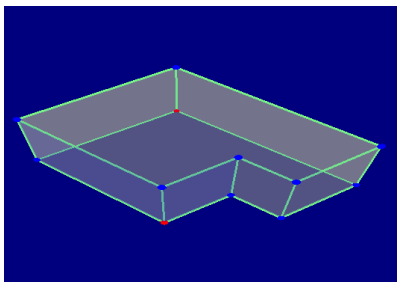
(b) 높이 설정



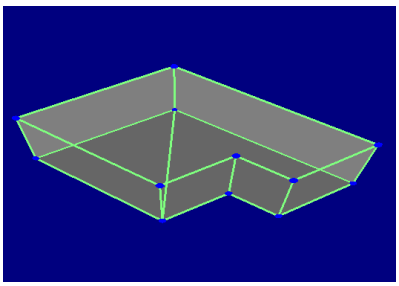
(c) 벽면 및 천장 생성

돌출 기능을 이용한 3차원 기하 생성

- 분할: 공간 분할이나 벽면의 부분 편집을 위하여 선택한 면을 둘 이상의 면으로 분할하는 기능을 제공. 기본적으로 두 정점을 선택하여 해당 정점을 잇는 선분으로 분할할 수 있음.



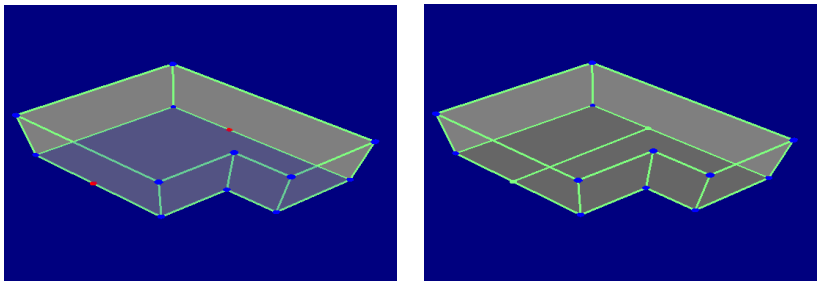
(a) 정점 선택 (적색점)



(b) 면 분할

정점 선택을 이용한 면 분할

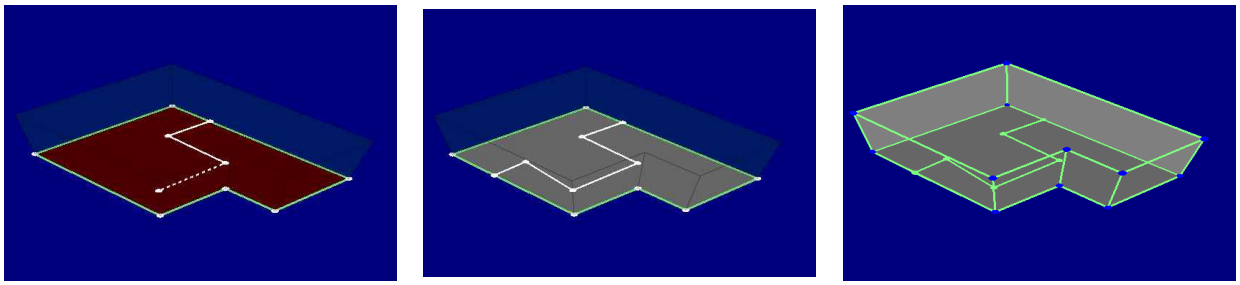
정점편집기능을 이용하여 정점을 추가한 후 해당 정점을 이용하여 분할을 수행할 수 있음



(a) 정점 추가 (적색점) (c) 면 분할

정점 추가 후 면 분할

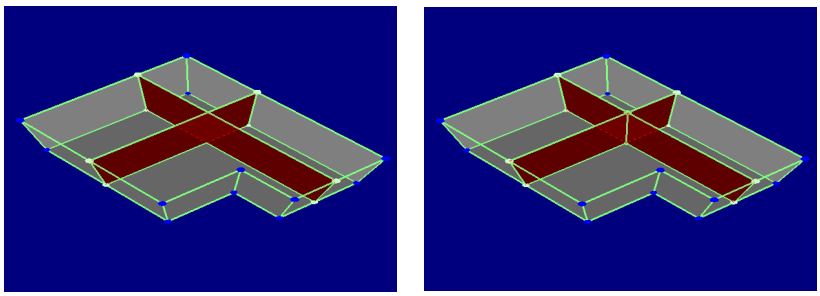
분할에 필요한 모양을 선택한 다각형 상에 직접 그려서 분할하는 기능도 제공함.



(a) 분할 경계면 그리기 (b) 분할 경계면 입력 완료 (c) 면 분할

분할 경계면을 직접 그린 후 면 분할

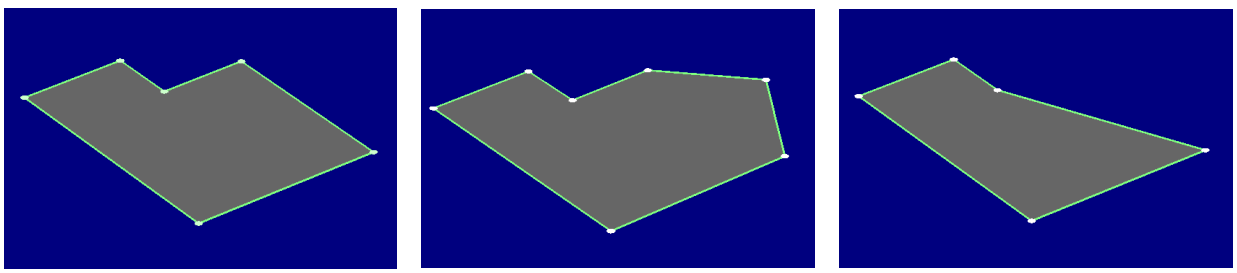
두 다각형이 교차하는 경우 두 평면이 교차하는 직선을 기준으로 분할할 수 있음.



(a) 평면 선택 (b) 면 분할 (분할선이 생성됨)

그림 678 두 평면의 교차직선을 이용한 면 분할

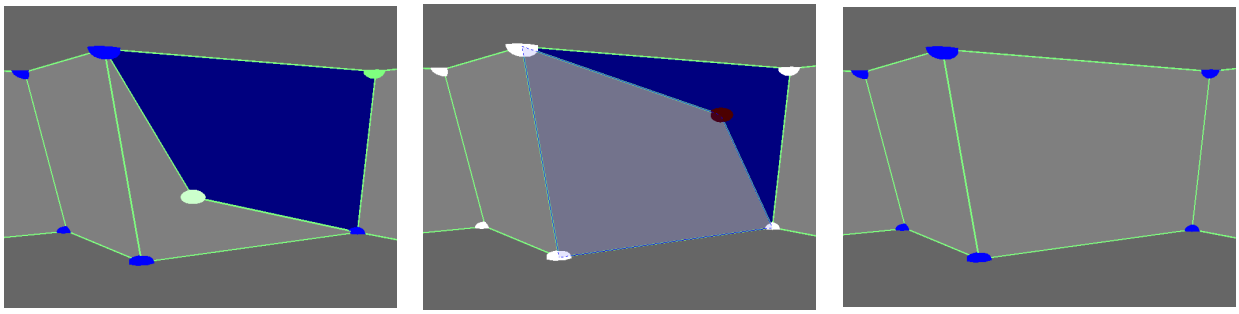
- 다각형 기하 편집: 다각형의 정점을 추가/이동/삭제할 수 있음.



(a) 다각형 (b) 정점추가 및 이동 (c) 정점 삭제

기본적인 다각형 기하 편집 기능

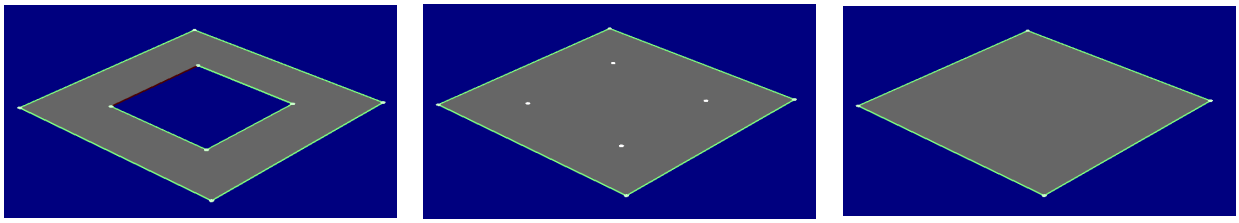
IndoorGML의 요구사항인 3차원 객체의 닫힘성을 보장하기 위하여 정점 이동 중 다른 평면과의 교차점을 계산하여 병합하는 기능 지원



(a) 편집 전 (b) 정점 이동 (적색점) (c) 정점 병합

평면 교차점에서의 정점 병합

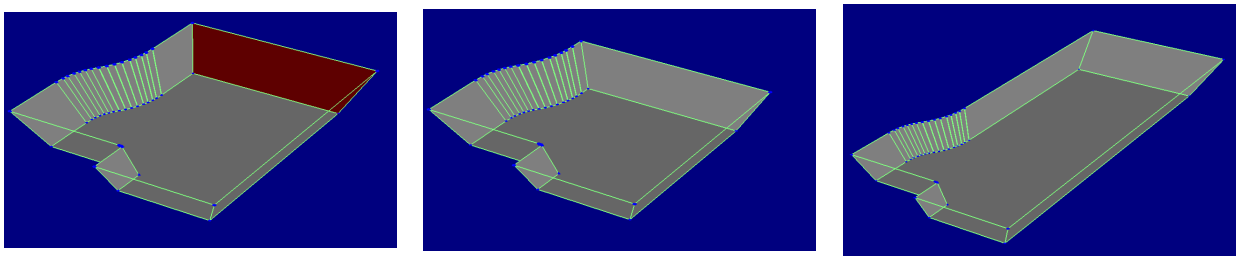
- 홀 제거: 다각형 내부에 존재하는 홀을 제거할 수 있음



(a) 편집 전 (b) 내부 홀 제거 (c) 잔여 정점 제거

그림 681 폴리곤 내부 홀(Hole) 제거

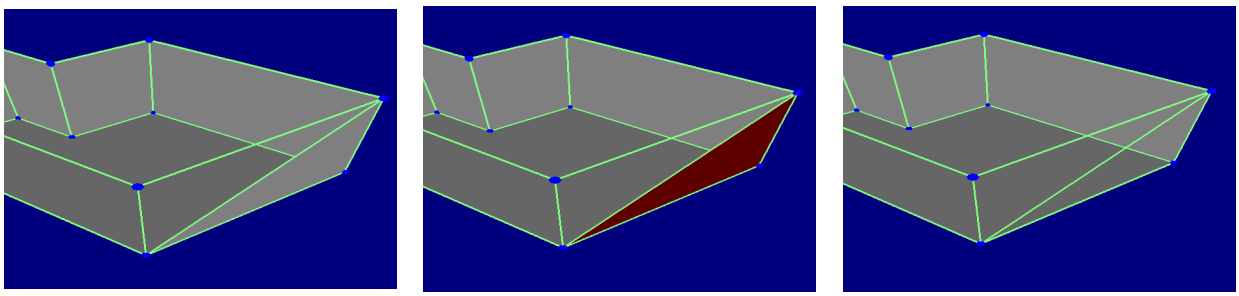
- 다각형 평행 이동: 바닥면이나 천장면의 높이를 조정하는 등의 편집을 지원하기 위하여 다각형을 평행 이동하면서 이동하는 면에 연결된 다른 다각형들을 적절히 연장/축소



(a) 면 선택 (b) 안쪽으로 평행 이동 (c) 바깥쪽으로 평행이동

그림 682 면 평행 이동을 이용한 공간 확장 및 축소

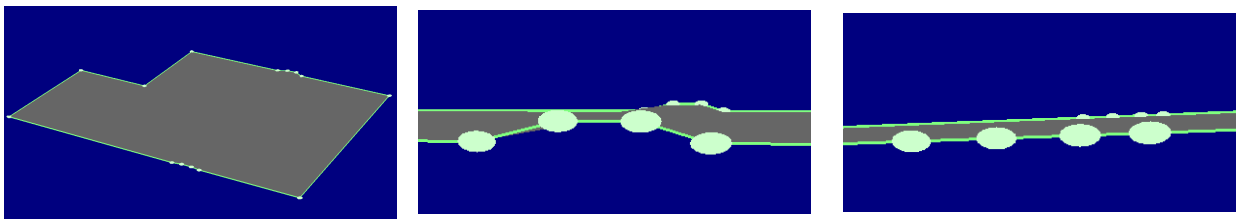
- 다각형 방향 수정: 면의 방향이 잘못된 경우 이를 반대방향으로 수정할 수 있음



(a) 잘못된 방향의 삼각형 (b) 면 선택 (c) 방향 전환

다각형 면의 법선 방향 전환

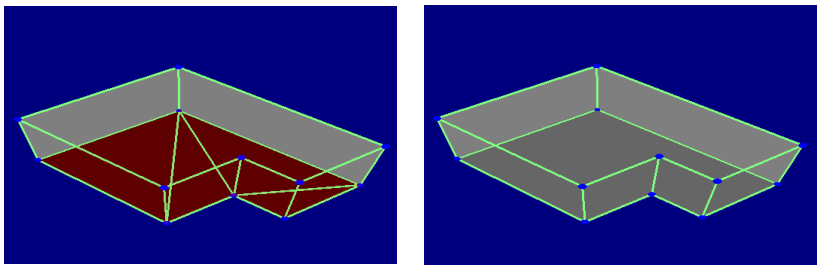
- 다각형 평탄화: 연속된 면의 병합 연산과 데이터 상에 포함된 오차, 부동소숫점 연산 오차 등으로 인하여 다각형을 구성하는 정점들이 한 평면을 이루지 않는 경우 이를 적당한 평면에 사영시켜 평탄화 수행



(a) 편집 대상 다각형 (b) 정점간의 좌표 오차 (c) 평탄화 결과

평탄화 기능

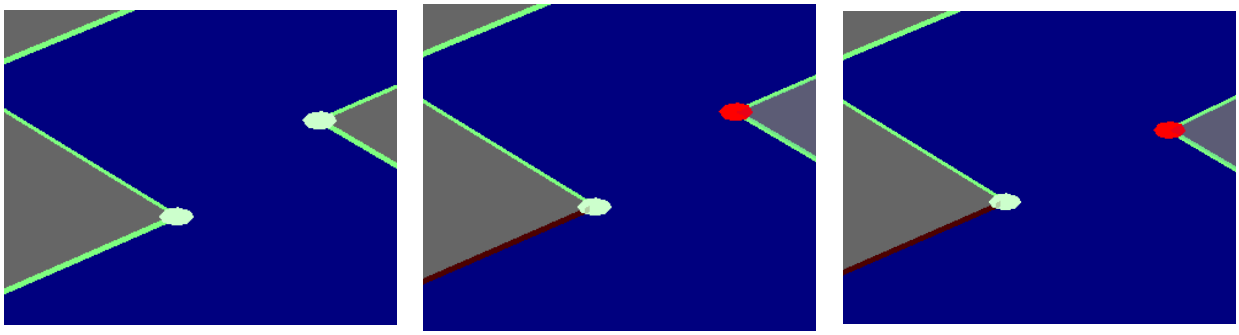
• 다각형 병합: 평행하면서 인접한 다각형들을 하나로 병합.



(a) 병합할 면 선택 (b) 병합

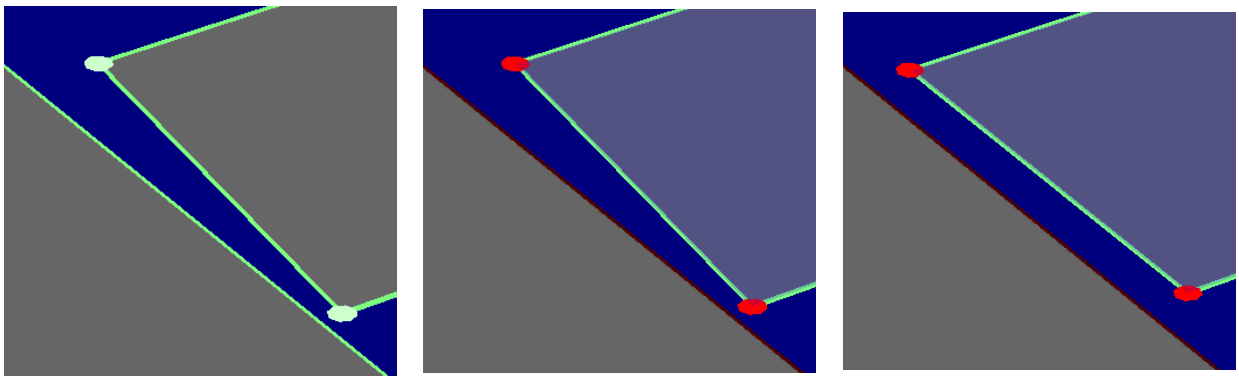
인접 면 병합 기능

• 정점 정렬: 정점의 위치를 기준선에 알맞게 정렬.



(a) 편집 전 (b) 직선(선분)과 점 선택 (적색) (c) 사영 결과

선분을 연장하는 직선 상으로의 사영을 이용한 정점 정렬

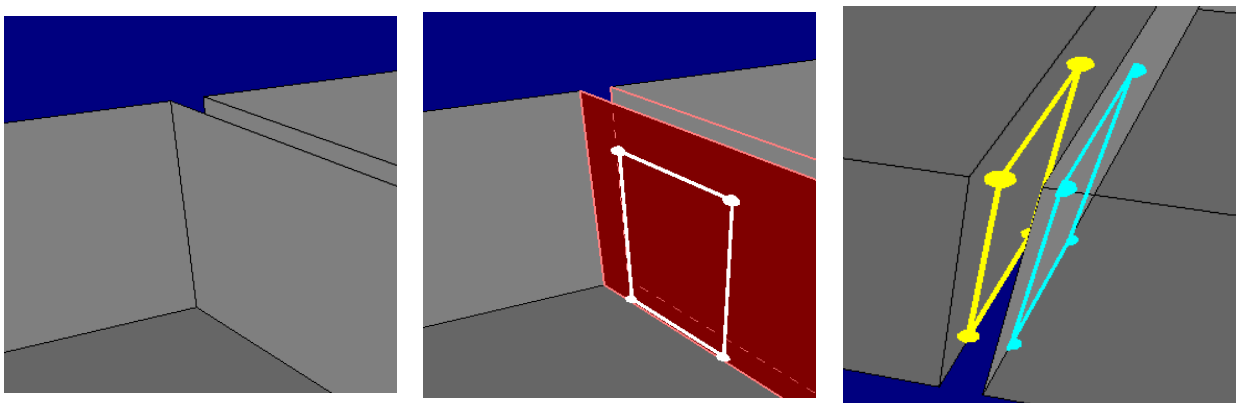


(a) 편집 전 (b) 선분과 정점 선택(적색) (c) 평행 정렬

특정한 선분에 평행하도록 두 정점을 정렬

• 기하 검사: IndoorGML을 구성하는 기하의 필요조건 중 기하의 닫힘성 검사. 고립된 정점이나 다각형의 각 변에 대하여 맞은편으로 연결된 면이 없는 경우 해당 객체들을 확인할 수 있음.

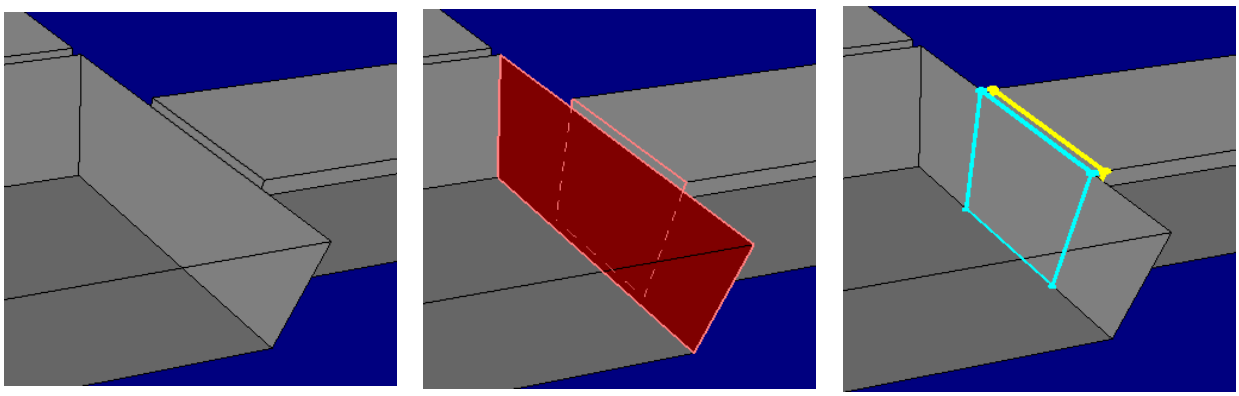
• 출입문 생성: 벽면 사이에 출입문을 생성. 출입문의 상대 위치 및 크기를 설정한 후 벽면 상에 클릭함으로써 간편하게 생성 가능



(a) 실내 공간 (회색:면) (b) 출입문 생성 (c) 생성된 연결 구조

출입문 생성 기능

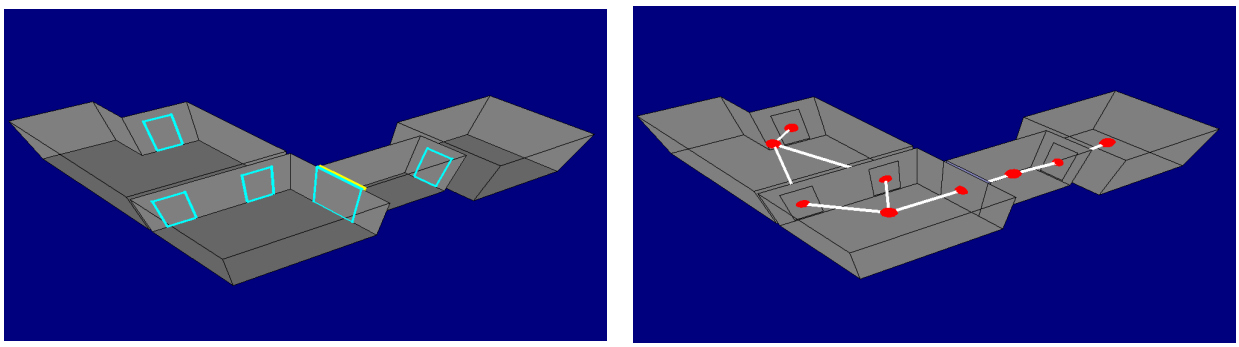
• 인접면 연결: 연속된 공간임에도 의미론적으로 분할된 공간은 출입문이 별도로 존재하는 것이 아니므로 해당 위치의 마주보는 면의 교집합 영역을 기준으로 연결 구조를 생성.



(a) 실내 공간 (b) 면 선택 (c) 연결 구조 생성

인접한 두 면의 교차영역을 이용한 연결 구조 생성 기능

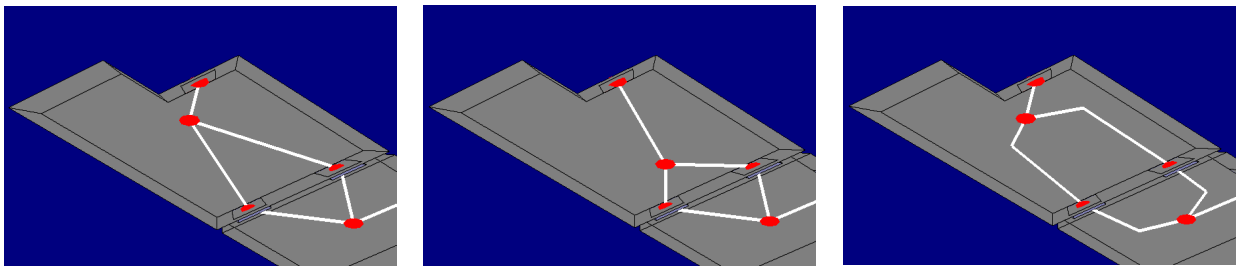
• State/Transition 자동 생성: 연결 편집기에서 입력한 정보를 이용하여 출입문 등에 해당하는 공간을 표현하는 기하를 생성하고 각 단위공간의 쌍대공간 상의 노드와 이들간의 연결구조를 자동적으로 생성함.



(a) 입력한 연결 구조 (b) State/Transition 생성 결과

State/Transition 및 연결 구조 기하 자동 생성 기능

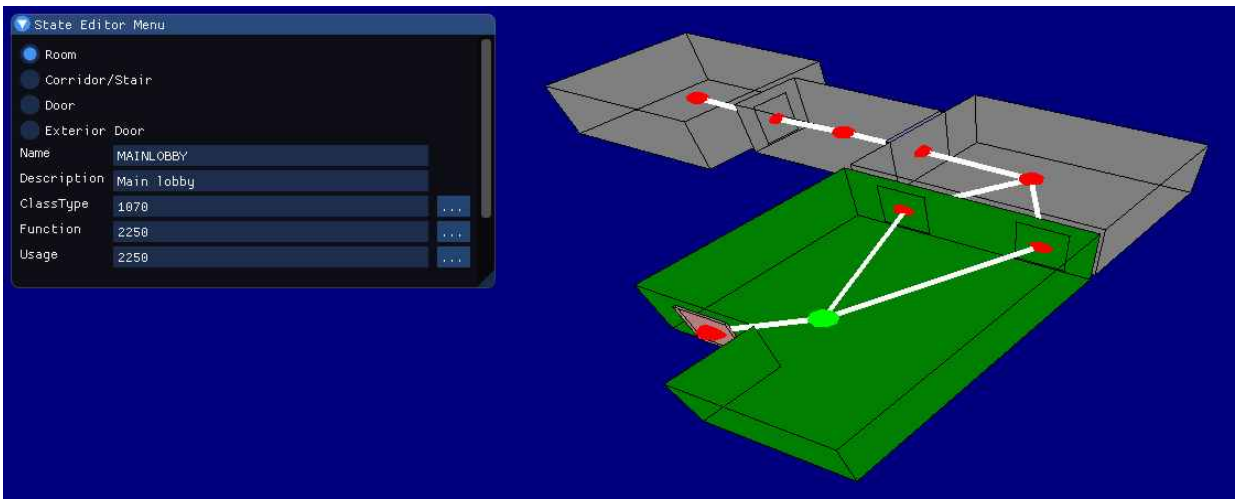
• State/Transition 편집: 단위공간(CellSpace)의 쌍대공간 상에 대응하는 노드(State)와 이를 잇는 간선(Transition)의 실제 기하에 대한 편집을 지원



(a) 정점 및 간선의 기본 위치 (b) 정점 이동 (c) 간선 기하 편집

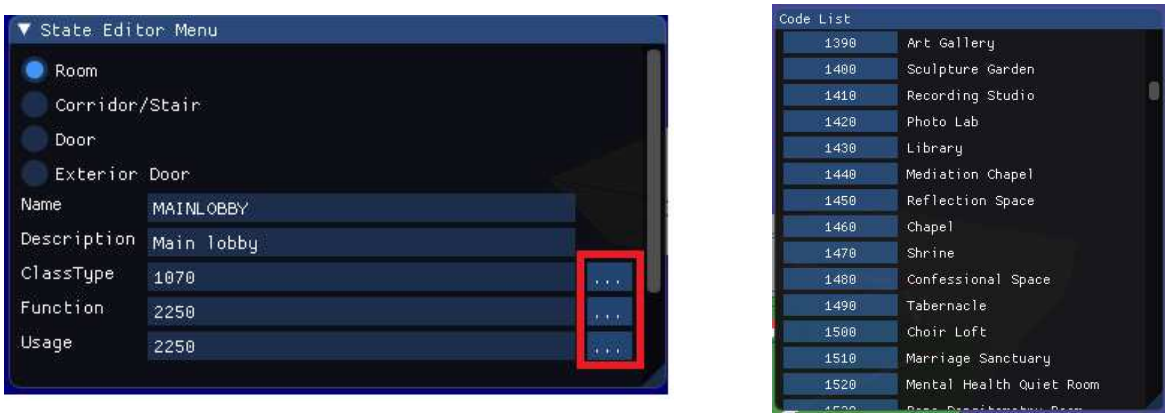
정점 위치 및 간선 중간점 편집 기능

• 공간 속성 편집: IndoorGML에서의 단위공간 속성을 입력 및 편집을 수행할 수 있음.



공간 속성 편집 기능

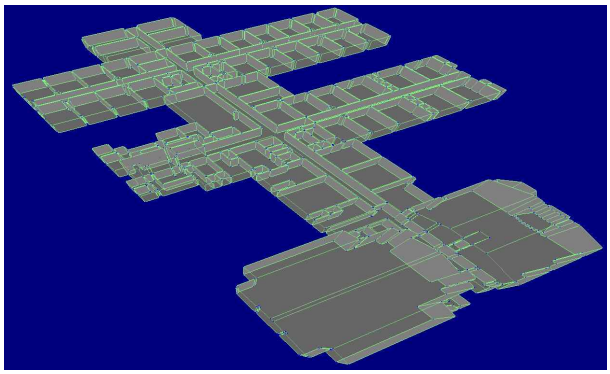
• IndoorGML에서 규정된 코드 목록을 활용하여 공간 사용 유형을 선택할 수 있음



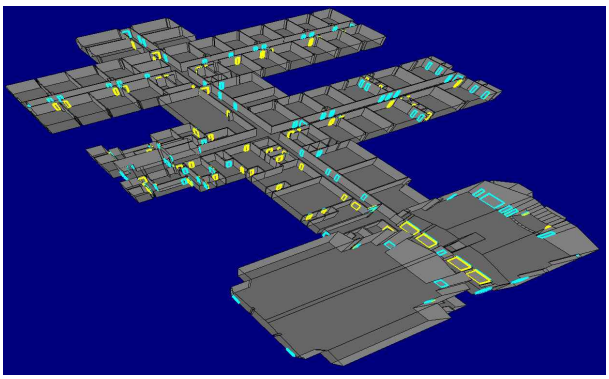
(a) 코드 목록 열기 버튼 (b) 코드 목록

코드 목록을 활용한 실내 공간 정보 입력

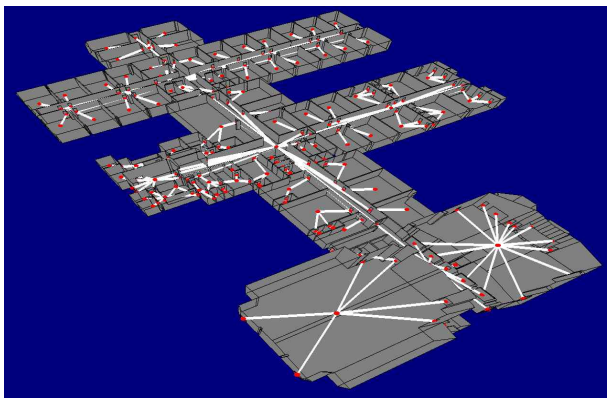
• IndoorGML 내보내기: InFactory와 연계하여 현재 편집 중인 모델 및 입력한 추가 정보들을 저장할 수 있음.



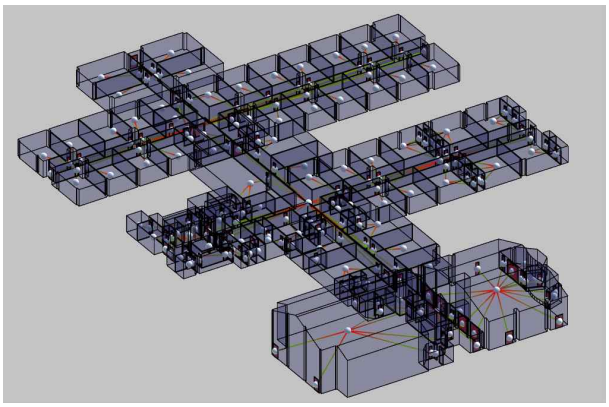
(a) 기하 편집 화면



(b) 출입문 생성 화면



(c) State/Transition 편집 화면



(d) IndoorGML Export 후 InViewer로 확인

TICA를 이용하여 IndoorGML 데이터를 생성하고 이를 InViewer를 이용해 확인하는 과정

③ 사용자 상황추론 및 실내공간분석 방법론 개발

(가) 실내단위공간 분할 방법

- 다양한 목적으로 활용될 수 있는 일반적인 실내공간 분할 프레임워크를 개발함. 개발한 프레임워크는 공간을 커버 또는 분할함에 있어서 각 부분공간이 지니는 성질을 매개변수화하여 부분공간을 계산하는 과정에서의 제약조건으로 활용. 부분공간 계산 후 이진선형계획법을 활용하여 최적의 커버 또는 분할을 계산함.

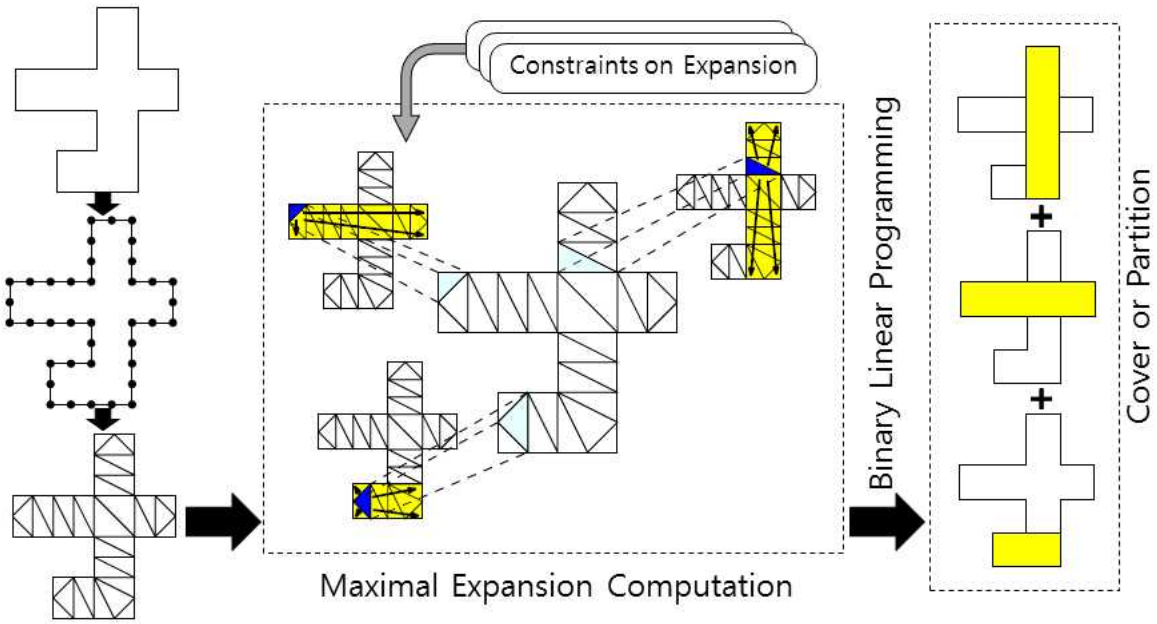
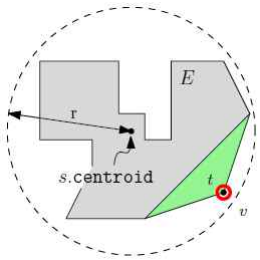
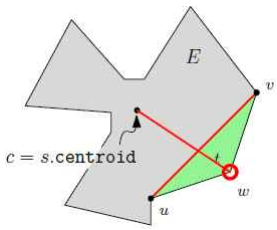
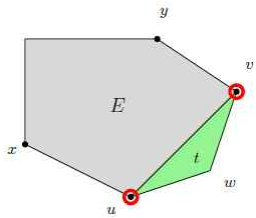
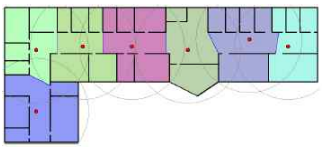
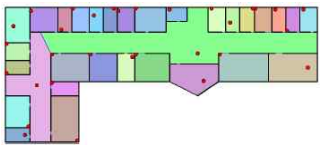
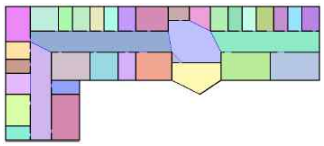


그림 695 개발한 실내공간 분할 프레임워크의 개요

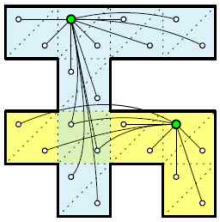
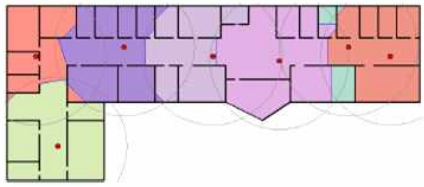
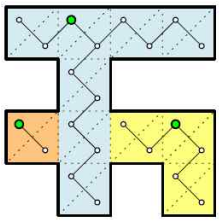
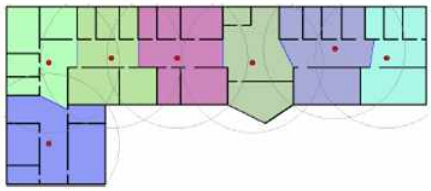
- 개발한 프레임워크에 적용할 수 있는 기본적인 제약조건들을 찾아냄. 특히 실내공간에서의 활용에 착안점을 두어 반경, 가시성, 볼록성 등의 제약조건을 정의하고, 해당 제약조건을 계산하기 위한 단순화된 식을 제안하였음.

제약조건	반경	가시성	볼록성
기준			
판별식	$f_{\text{range},r}(s,E,t) = \begin{cases} \texttt{true if } d(s.\text{centroid}, v) \le r, \\ \texttt{false otherwise.} \end{cases}$	$f_{\text{vis}}(s,E,t) = \begin{cases} \texttt{true if } \overline{uv} \cap \overline{cw} \text{ is a point,} \\ \texttt{false otherwise.} \end{cases}$	$f_{\text{cvx}}(s,E,t) = \begin{cases} \texttt{true if } \angle(xuw) \le 180° \\ \quad \text{and } \angle(wvy) \le 180° \\ \texttt{false otherwise.} \end{cases}$
분할예시			

- 일반화된 공간분할 프레임워크는 제약조건에 따라 다른 형태의 분할을 계산해냄. 따라서 실내 공간 분할 목적에 따라 다양한 제약조건을 적용하여 공간 분할을 수행할 수 있음. 일반적으로 제약조건 간에는 독립적으로 정의되므로 여러 제약조건을 혼합하여 목적에 적합한 제약조건을 만들 수 있음.

목적	특징	제약조건
센서, 비컨, Wi-Fi AP 배치	유효 반경	반경
이상적인 감시카메라(미술관 문제)	360도, 시야제한 없음	가시성
전방향 감시카메라, 조명 배치	시야 360도, 범위 제한	가시성+반경
일반 감시카메라	시야각, 범위 제한	가시성+반경+각도
실내 근무 영역 분할	최대 작업 영역 제한	면적
길찾기용 공간 분할	분할 내 직선 이동 가능	볼록성(+반경)

- 공간을 커버하는 문제와 분할하는 문제를 통합적인 관점에서 형식화하고, 이를 위한 이진선형계획법 식을 연구함. 실내공간을 관리하고 분석하는 입장에서는 공간을 커버하는 문제뿐만 아니라 연속되며 서로소인 공간으로 분할하여 표현하는 것이 더욱 합리적이기 때문에 분할문제를 효과적으로 해결하는 것이 매우 중요함.

유형	종속성	최적화 식	예시
커버		$\text{Minimize} \sum_i b_i$ $\text{Subject to} \sum_{i:t\in X_i} b_i \geq 1 \text{ for } \forall t \in \mathcal{T}$	
분할		$\text{Minimize} \sum_i b_i^{(i)}$ $\text{Subject to} \sum_i b_j^{(i)} = 1 \text{ for } \forall j$ $w_{j,k}^{(i)} \leq b_j^{(i)} \text{ for } \forall i,j,\forall (j,k) \in A(j)$ $\sum_{(j,k)\in A(k)} w_{j,k}^{(i)} \geq b_k^{(i)} \text{ for } \forall k, i \neq k$ $\sum_j x_{j,k}^{(i)} + y_{k,j}^{(i)} < 2 - \epsilon \text{ for } \forall i,k$ $x_{j,k}^{(i)} + y_{k,j}^{(i)} = 2w_{j,k}^{(i)} \text{ for } \forall i,j,k$ (general case)	
		$\text{Minimize} \sum_i b_i^{(i)}$ $\text{Subject to} \sum_i b_j^{(i)} = 1 \text{ for } \forall j$ $b_j^{(i)} \geq b_k^{(i)} \text{ for } \forall i,\forall (j,k) \in E_i$ (acyclic case)	

- 개발한 프레임워크를 이용하여 기존에 잘 알려진 공간 커버 및 분할 문제에 활용한 결과 다양한 문제에 대하여 큰 성능 하락 없이 합리적인 해답을 찾는 것을 실험적으로 확인함. 일반적인 상황에서 공간 커버 및 분할 문제는 계산적으로 매우 어려운 문제(NP-Hard)이므로 최적해와의 비교는 실질적으로 불가능하여 최적에 근접한 해를 대수적으로 구할 수 있는 의도적인 형태의 데이터에서 기준값과의 비교를 수행함.

- 반경을 제약조건으로 하는 공간 커버 문제의 경우 반경이 작은 경우를 제외하고는 효과적인 해를 구할 수 있음을 확인함.

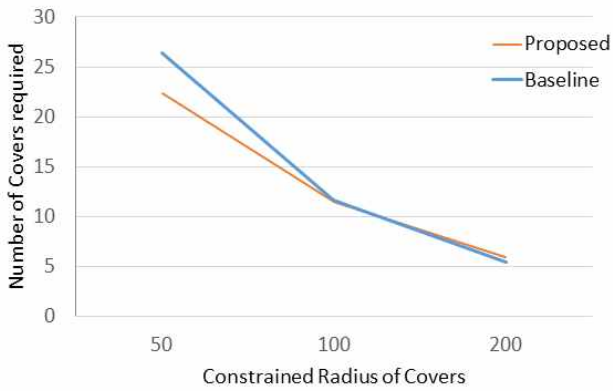


그림 696 거리를 제약조건으로 설정하여 최소 커버 문제에 적용한 실험 결과.

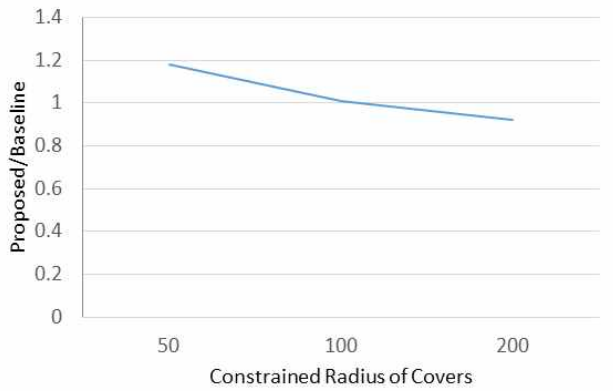


그림 697 최소 커버 문제에서 기준값과의 상대적인 성능은 전반적으로 동일함을 알 수 있음.

- 여러가지 형태의 데이터에 대하여 미술관 경비 배치 문제에 적용한 결과 기준치와의 차이가 1 이하인 수의

경비로 커버하는 결과를 내었음. 이는 제안 기법이 해당 데이터셋에 대해서는 실질적으로 최적해에 가까운 값을 구할 수 있다는 것을 의미함.

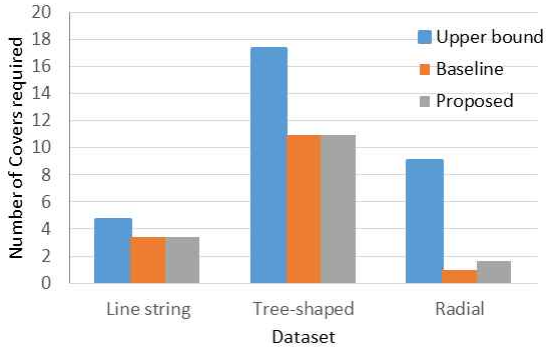


그림 698 가시성을 제약조건으로 설정하여 미술관 경비 배치 문제(Art gallery problem)에 적용한 결과. 기준성능값과 큰 차이가 없음.

- 보다 복잡한 무작위 형태의 다각형에 대하여 최적해와의 비교를 수행함. 제안기법은 무작위다각형보다 직교다각형인 경우 더욱 우수한 성능을 보이며, 대부분의 실내공간이 직교다각형의 형태를 지니는 점으로 볼 때, 제안기법이 실내공간에 아주 적합하게 활용될 수 있음을 의미함. 특히 최적해와의 차이는 다각형의 정점 수가 100인 경우에도 1.2개 수준에 불과함.

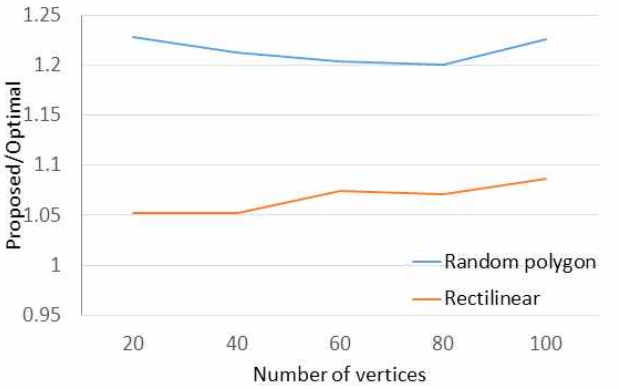


그림 699 무작위로 생성한 다각형에 대한 미술관 문제 적용에서 최적해와의 성능 비교(상대값)

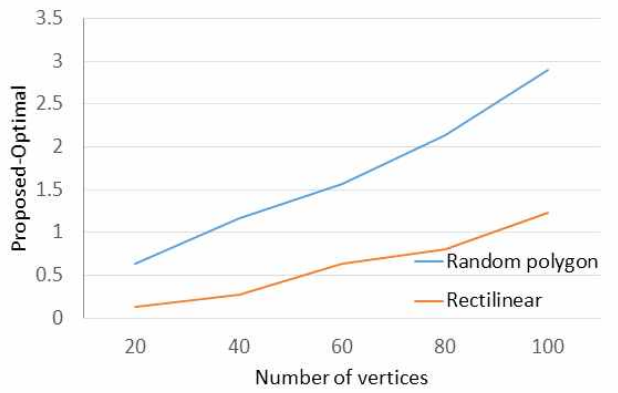


그림 700 미술관 문제 적용시 최적해와의 차이. 정점 하나가 늘어날때마다 0.0275개의 커버가 더 필요함

- 볼록성을 제약조건으로 하여 실내 공간을 분할하고 쌍대공간 연결관계 그래프 상에서의 최단거리 경로를 실제 공간상에서의 이동 경로로 변환하는 방식을 정의함. 단순히 노드 배치에 의한 최단경로 탐색은 공간 관리와 경로 탐색이 서로 다른 관점에서 다루어지는 반면, 분할에 의한 길찾기 그래프 관리는 이러한 두 요소를 통합적인 관점에서 해석할 수 있는 방법론을 제공함. 주어진 위치에 대응하는 노드를 찾는 문제에서도 해당 점을 포함하는 부분단위공간을 탐색하는 문제로 해석이 되므로 이론적/실용적으로도 합리적임.

Algorithm Finding a Path on Convex-Decomposed Polygon

```
1: procedure FIND(Π: Convex Partition of a polygon, s: Starting Point, t: Destination)
2:     Compute G regarding the adjacency of polygons in the partition Π.
3:     Find nodes u and v corresponding to s and t, respectively.
4:     Find the shortest path (u = w_1, w_2, ··· , w_n = v) on G.
5:     p ← s
6:     R ←[ ]
7:     for i ∈ {1, ··· , n − 1} do
8:         l ← P_{w_i} ∩ P_{w_{i+1}}
9:         Find the nearest point q on l from p.
10:        R.add(Line(p, q))
11:        p ← q.
12:    end for
13:    R.add(Line(p, t))
14:    return R
15: end procedure
```

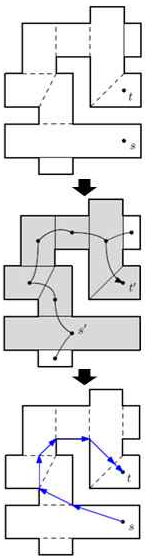


그림 701 볼록 공간 분할을 이용한 경로 계산 과정

– 기존 길찾기 기법과의 성능 차이를 확인하기 위해 비교실험을 수행하여 탐색경로길이와 방향전환횟수를 비교함. 실내최단거리와 비교하여 성능에 큰 차이가 없으며, 일반적으로 통용되는 그리드(Grid)기반의 방식보다 우수한 성능을 보이는 것을 확인함.

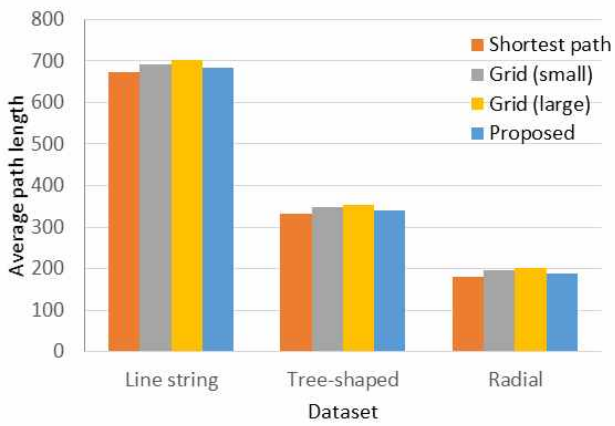


그림 702 기존 기법과의 길찾기 성능 비교 (경로길이)

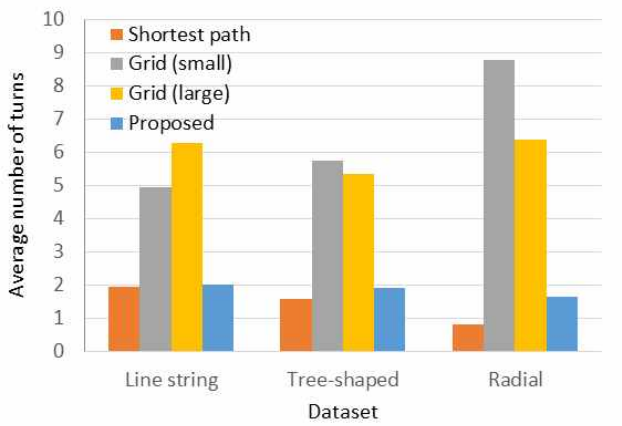


그림 703 기존 기법과의 길찾기 성능 비교 (방향전환)

– 데이터를 저장함에 있어서 정점수와 간선수는 적을수록 좋은데, 제안기법은 기존기법에 비해 전반적으로 효율적인 공간에 그래프를 저장할 수 있음을 실험적으로 입증하였음. 기본적인 선형과 같은 단순한 구조를 제외하면 제안기법이 상대적으로 매우 적은 수의 정점과 간선을 이용하여 경로 탐색을 수행할 수 있음.

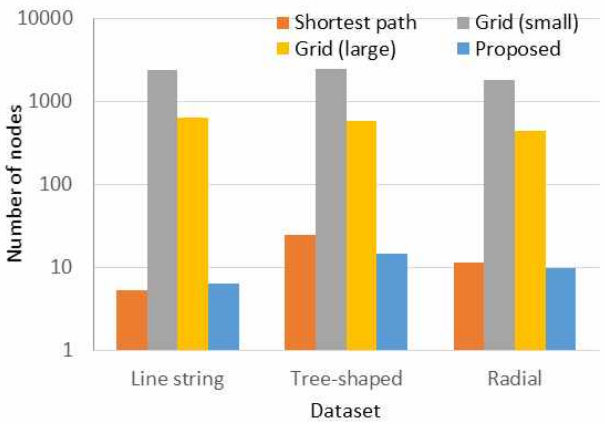


그림 704 기존 기법과의 공간 효율 비교 (정점 수)

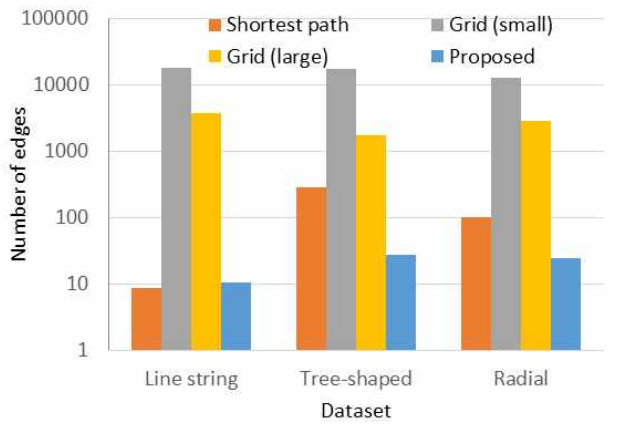


그림 705 기존 기법과의 공간 효율 비교 (간선 수)

– 개발한 프레임워크의 세부 설정 문제에 있어서 시드 샘플링 비율이 성능에 영향을 미칠 수 있으므로 이를 실험적으로 규명함. 데이터의 형태에 따라 의존적인 면이 있으나 직교 형태의 데이터의 경우에는 샘플링 비율이 낮더라도 적절한 수준의 성능을 유지하는 것을 확인함 (1.0에 가까울수록 완전탐색시 성능)

데이터셋	제약조건	샘플링 비율		
		0.1	0.2	0.3
선형	반경	0.949	0.985	0.993
	볼록성	0.994	0.999	0.999
	가시성	0.897	0.956	0.985
트리	반경	0.967	0.991	0.997
	볼록성	0.936	0.996	0.999
	가시성	0.946	0.982	0.993
방사	반경	0.934	0.978	0.990
	볼록성	0.928	0.985	0.995
	가시성	0.659	0.756	0.800

(나) 실내 맵 매칭 방법

• **실내 맵 매칭 필요성**

– 기존의 실내 측위 시스템은 IoT 센서 및 실험 환경에 따라 cm수준에서 m수준까지 넓은 정확도 범위를 가짐. 하지만, 실외 환경과 다르게 실내 환경에서는 방 수준의 의미 정보가 좌표 수준의 정보보다 훨씬 중요하며, 다양한 실내 위치기반 서비스에서 활용 될 수 있음. 아래 그림과 같이 실제 측위 좌표와 실제 위치 좌표간의 오차는 작아도 방 수준의 위치의 정보는 다를 수 있음. 본 연구는 이러한 실내 측위 좌표의 궤적에 대해 방 수준 위치의 정확도를 개선하는 실내 맵 매칭을 제안 및 개발함

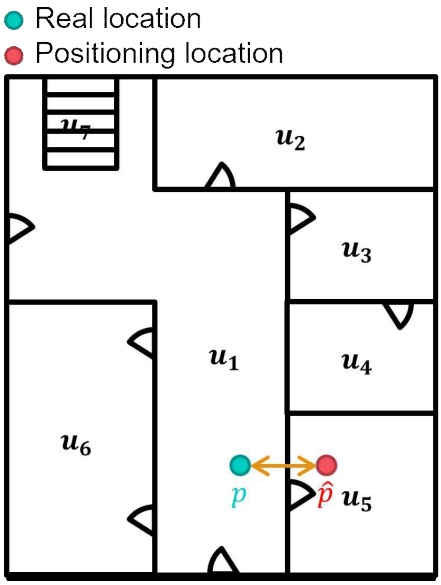


그림 706 실내 맵 매칭의 필요성

• **실내 맵 매칭 정의**

– 기존의 방 수준의 위치정보를 만들기 위한 가장 기본적인 방법은 가장 가까운 공간으로 매칭하는 Nearest Space Map Matching (NSMM)이 있음. 주어진 측위 좌표와 인접한 공간간의 거리를 계산하여 가장 인접한 공간으로 매칭하는 방법은 간단하지만 정확도가 높지 않음

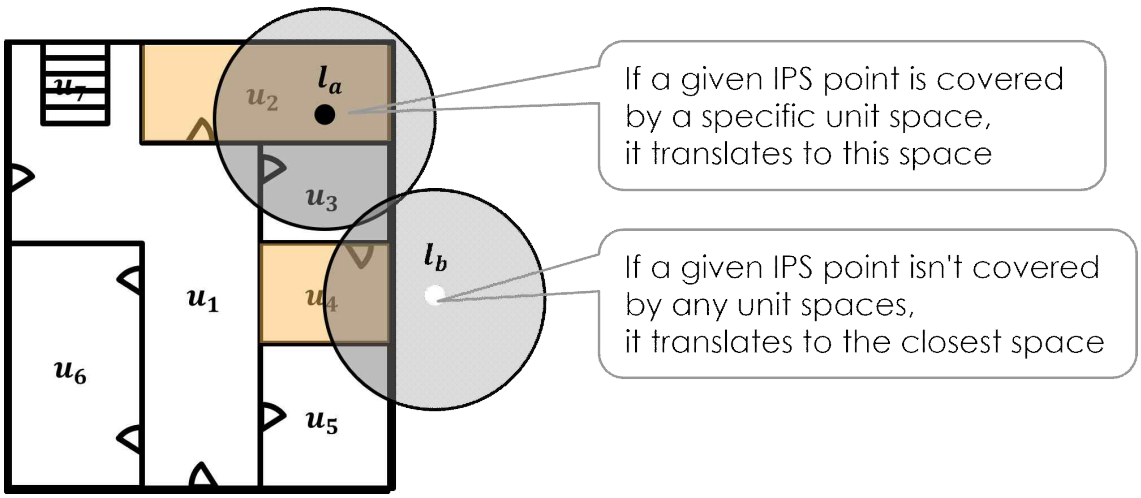


그림 707 NSMM의 예시

– 본 연구에서 목적하는 실내 맵 매칭은 주어진 측위 좌표를 목적하는 실내 공간 수준(예를 들어 방 수준)에서 정확도를 개선하는 것에 있음. 정확도를 개선하기 위한 방법으로 실내구조의 제약 조건(벽과 같은 구조물로 공간이 구분됨 등) 및 측위 좌표의 오차에 대해 확률 모델을 이용하여 정확도 개선을 수행하였음

– 예를 들어 아래와 같이 주어진 상황에 대해 실내 맵 매칭을 수행하는 경우, l_3에서 l_4로 이동하는 경로는 실내 구조상 허용되지 않으므로, 회색 원으로 표현된 오차범위를 이용하여 가장 확률이 높은 경로, 즉 $u_1 \rightarrow u_1 \rightarrow u_1 \rightarrow u_3 \rightarrow u_4$를 가져오는 것이 목표임

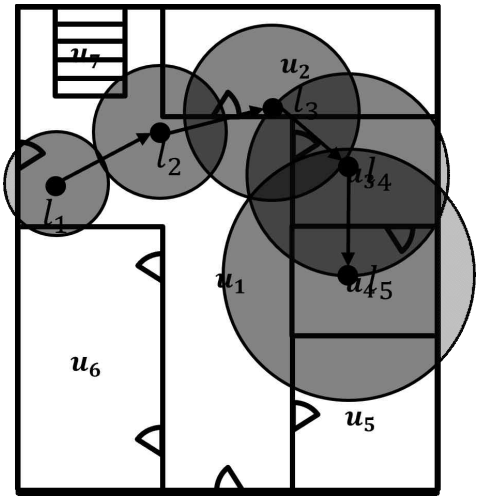


그림 708 실내 공간 및 IPS 궤적의 예시

- 이를 위해 먼저 실내 공간 및 필요한 용어에 대해 정의하였음

1] 실내 공간 I: 실내 공간은 IndoorGML의 실내 공간의 정의를 따라 단위공간으로 CellSpace의 State ($U=u_1,u_2,...,u_n$)와 Transition($E=\{e_{i,j}\}, 1 \le i,j \le n$)을 이용한 그래프$<U,E>$로 정의함. 이때 $e_{i,j}$는 전이확률 tp(or tp_{u_i,u_j})를 가지고 있음

2] IPS 점 l, IPS 궤적 L, IPS 부분 궤적 $L_{s,e}$:

IPS 점은 실내 측위 시스템(Indoor Positioning System, IPS)를 이용하여 수집되는 점의 정보로 $l=(pos,e,t)$의 형태로 표현 가능함. 여기서 pos는 (x,y)혹은 (x,y,z)로 표현되는 측위좌표이며, e는 측위좌표의 에러, t는 측위좌표가 수집된 시간을 의미함

IPS 궤적은 IPS의 점의 순열을 의미하며 다음과 같이 표현 가능함

$L=(l_1,l_2,...,l_m), where\ l_{i.t} > l_{(i-1).t}, 1 < i \le m$

IPS 부분 궤적은 IPS 궤적 중 일부 연속된 궤적을 의미함

3] 모호한 위치 (Vague location) v 및 모호한 위치의 집합 V:

IPS 점 l은 실내 공간 정보를 이용하여 각 단위 공간에서의 모호한 위치 $v=(u,ep,t)$의 집합 V으로 표현할 수 있음. 이때 u는 실내 공간에서 정의한 각 CellSpace를 의미하며 (직접적으로는 state를 의미하나 poincare duality에 의해 두 정보가 의미하는 공간은 동일함), ep는 공간에서 위치할 확률, t는 $l.t$와 동일함

- 이렇게 정의한 용어를 이용하여 실내 단위 공간 맵 매칭(Unit Space Map Matching, USMM)을 아래와 같이 정의하였음:

주어진 실내 공간 I와 이전의 IPS 궤적 $L_{1,t-1}=(l_1,l_2,...,l_{t-1})$와 현재의 IPS 점 l_t에 대해, 가능한 모든 경로 Φ는 궤적의 모든 모호한 위치의 Cartesian product (즉, $V_1 \times V_2 \times ... \times V_t$)로 표현 할 수 있음. 모든 가능한 경로 $\phi_t^k=(v_1^k,...,v_t^k) \in \Phi$에 대해 그것의 확률, $pr(\phi_t^k)$는 아래와 같이 계산 할 수 있음

$pr(\phi_t^k)=pr(\phi_{t-1}^k)tp_{v_{t-1}^k.u, v_t^k.u}v_t^k.ep$

결국 USMM은 $f_{usmm}(L_{1,t},I)=\phi_t^k, \forall_{\phi_t \in \Phi} pr(\phi_t^k) \ge pr(\phi_t)$으로 정의 할 수 있음

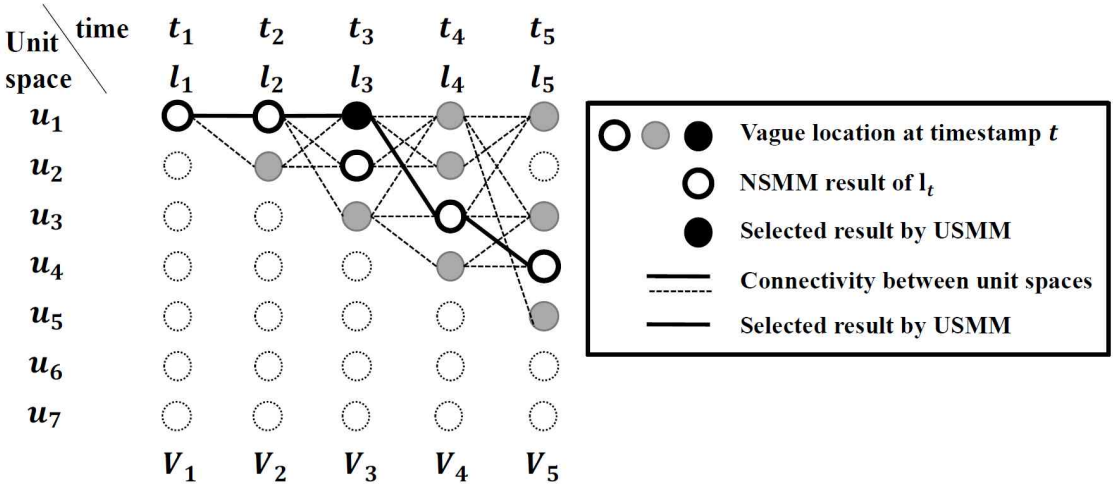


그림 709 단위 공간 맵 매칭의 과정

- 정의한 실내 맵 매칭을 실시간으로 수행 할 경우 다음과 같은 요구사항을 가짐

1] 정확도: USMM의 성능은 단순한 맵 매칭 방법(NSMM)보다 좋아야 함

2] 성능: USMM은 IPS의 샘플링 시간보다 적은 시간에 수행되어야 함

3] 데이터크기: USMM은 서버가 아니라 클라이언트에서도 수행 가능함. 클라이언트, 즉 모바일 장치에서 사용할 경우, 맵 데이터와 같이 준비된 데이터의 크기는 모바일 장치에서 사용할 수 있을 정도로 충분히 작아야 함

- **은닉 마르코프 모델 기반 USMM (HSMM)**

- 기존의 실외 맵 매칭 방법과 유사하게 실내 단위 맵 매칭(USMM)의 방법으로 은닉 마르코프 모델(Hidden Markov Model, HMM) 방법을 사용하였음. 기존의 은닉 마르코프 모델과의 차이점은 실내 공간의 특성에 맞춰 은닉 마르코프 모델의 객체의 의미와 확률을 결정하는 방법을 설정하는 것임. USMM을 위한 HMM의 의미는 아래 표와 같음

HMM Elements	***Meaning***
Hidden states	Unit space $u \in U$
Observation symbols per states	Vague location $v = (u, ep, t)$
State transition probability distribution (A matrix, $A = \{a_{i,j}\}$)	Transition probability between unit spaces $a_{i,j} = P(q_{t-1} = u_i \mid q_t = u_j) = tp_{i,j}$
Emission probabilities (B matrix, $B = \{b_{i,j}\}$)	Probability when a given observation symbol o_j can be observed in a hidden state u_i at timestamp t $b_{i,j} = P(o_j \; at \; t \mid q_t = u_j) = ep(l_t \mid u_j)$
Initial state distribution π	$\pi_i = P(q_1 = u_i) = ep(l_1 \mid u_i)$

표 184 실내 단위 공간 맵 매칭을 위한 은닉 마르코프 모델

- 은닉 마르코프 모델 기반 맵 매칭 (HSMM) 알고리즘은 아래 그림과 같음. 입력된 IPS 궤적 데이터를 이용하여, 각 확률 매트릭스를 설정하고, 기존의 HMM 문제를 해결하는 방법 중 하나인 Forward 알고리즘을 이용하여 가장 높은 확률을 가지는 궤적을 선택하는 방법임

- 추가로 전체 IPS 궤적 데이터를 고려하는 경우, 시간이 지남에 따라 평가 방법(즉, Forward 알고리즘)의 시간 복잡도가 증가할 뿐만 아니라, 오래된 궤적의 좌표의 경우 현재 좌표에 영향이 거의 없기 때문에 슬라이딩 윈도우 기법을 적용하여, w로 설정된 윈도우 크기만큼의 궤적 좌표만을 고려하여 평가함. 아래 그림은 슬라이딩 윈도우의 예시를 보여줌

Algorithm 1 Real-Time HSMM

Input:

- I: an indoor accessibility graph as $< U, E >$
- $L_{1,t} = (l_1, ..., l_t)$: an IPS trajectory with last IPS point l_t
- ϕ_{t-1}: a last HSMM result
- $HSMM$: a hidden Markov model for unit space map matching λ as a tuple (π, A, B)
- w: size of a sliding window

Output:

- ϕ_t: HSMM result (a most feasible path of $L_{1,t}$)

Begin

1: **if** $t > w$ **then**
2: $L_{target} \leftarrow L_{t-w+1,t}$, a sub-trajectory from $L_{1,t}$ using w
3: $l_{first} \leftarrow l_{t-w+1}$
4: **else**
5: $L_{target} \leftarrow L_{1,t}$
6: $l_{first} \leftarrow l_1$
7: **end if**
8: $HSMM.\pi \leftarrow ep(l_{first}|u_i), u_i \in U, 1 \leq i \leq N$
9: $HSMM.A \leftarrow$ using $e_{i,j}.tp \in E$
10: $V_t \leftarrow f_v(L_{target}, I) = \{v_1, ..., v_n\}$, a set of vague locations for last IPS point l_t
11: $HSMM.B \leftarrow$ using V_t, where $b_{i,j} = v_k.ep, v_k \in V_t$, i is an index of unit space that $l_t.pos$ is included and j is an index of unit space $v_k.u$
12: **return** $\phi_t = f_{usmm}(L_{target}, I)$ using ϕ_{t-1}

End

그림 710 실시간 은닉 마르코프 기반 단위 공간 맵 매칭 알고리즘

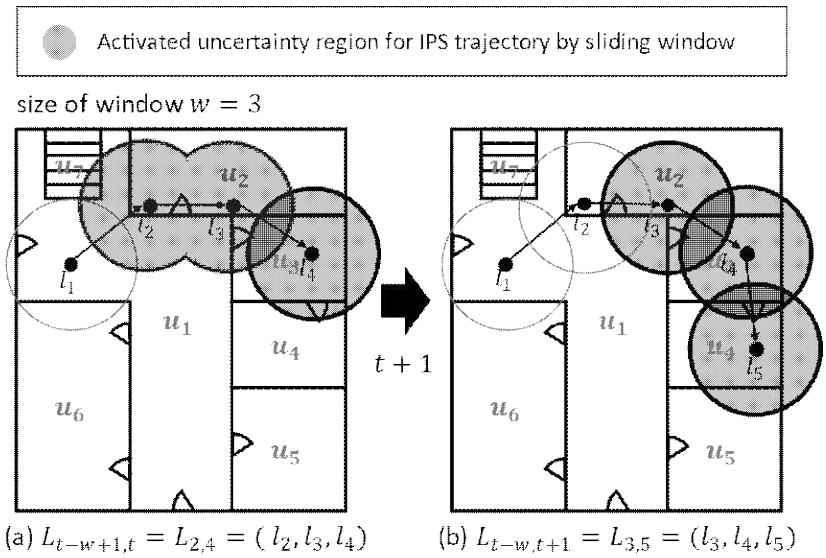


그림 711 슬라이딩 윈도우의 예시

- HMM에는 2개의 확률 매트릭스 (A,B matrix)가 존재함. 각 확률 매트릭스를 설정하는 방법은 아래와 같음
- A matrix 설정 방법: 각 단위 공간(그래프의 노드) 간의 상태 전이 확률

1]AT: 실내 공간의 그래프를 이용하여 각 노드와 연결된 다른 노드와의 확률은 균등하게 설정함

2]AS: 동일한 공간에 계속 있는 확률, 즉 같은 노드로 전이할 확률의 값을 미리 설정한 확률 값(σ)으로 정의, 해당 노드와 연결된 다른 노드는 1에서 설정된 값을 제외한 나머지 값을 균등하게 설정함. σ는 이동 객체의 상태(멈춤, 이동)에 따라 β만큼 변화함. 예를 들어 이동 객체가 한 공간에 머무르고 있는 경우, 시간이 지남에 따라 $\sigma = \sigma + \beta$가 적용됨. 반면 이동 객체가 계속 이동하는 경우, 시간이 지만에 따라 $\sigma = \sigma - \beta$가 적용됨

3]AH: 실내 공간의 그래프를 이용하여 각 노드간의 그래프 거리 (hop distance)를 이용하여 그래프 거

리의 제곱에 반비례 하게 확률을 설정함. AT와 유사하지만, AT는 직접 연결된 다른 노드만을 고려한 것에 비해 AH는 모든 노드를 고려하여 확률을 설정함

- B matrix 설정 방법: 주어진 측위좌표에 대해 단위공간의 관측 확률

1]BC: 기본적으로 IPS 점 $l=(pos,e,t)$를 이용하여 측위좌표를 기준으로 에러의 크기를 반지름으로 하는 원 버퍼를 생성하고, 각 단위공간과 교차되는 영역을 관측 확률로 설정 함. 단, 같은 단위공간에 있는 원 버퍼의 경우 병합하여 수행함. 예를 들어 아래 그림과 같이 l_6,l_7의 경우, 같은 단위 공간 u_2에 속함. 이때 인접한 단위 공간(u_1,u_2,u_3)의 관측 확률은 각각 0.45, 0.5, 0.05가 됨.

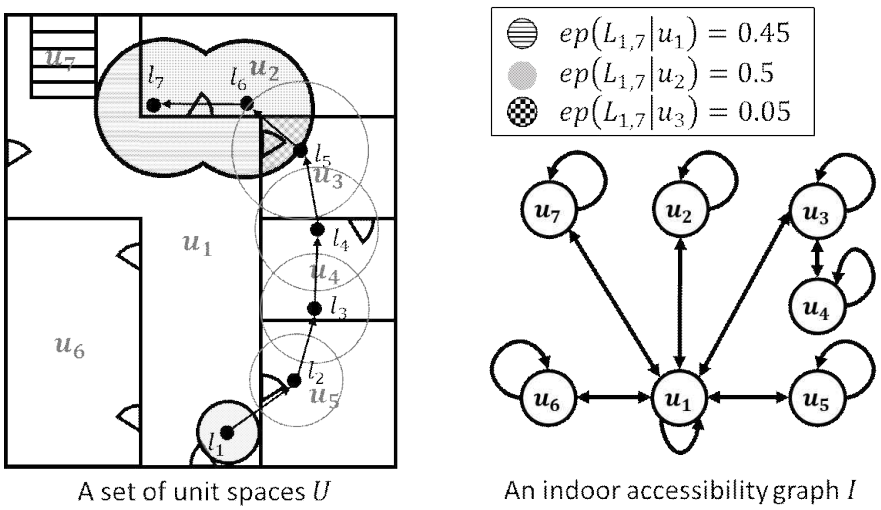


그림 712 기본적인 B 매트릭스 확률 설정 방법

하지만, 에러의 크기를 알 수 없거나, 에러의 크기 이상으로 측위 좌표가 이동 한 경우, 원 버퍼의 반지름은 측위 좌표간의 직선거리의 값으로 재설정이 필요함. 예를 들어 아래 그림과 같이 설정된 에러의 크기보다 두 측위 좌표간의 거리 값이 큰 경우 파란색 원과 같이 원 버퍼가 설정되어야 함

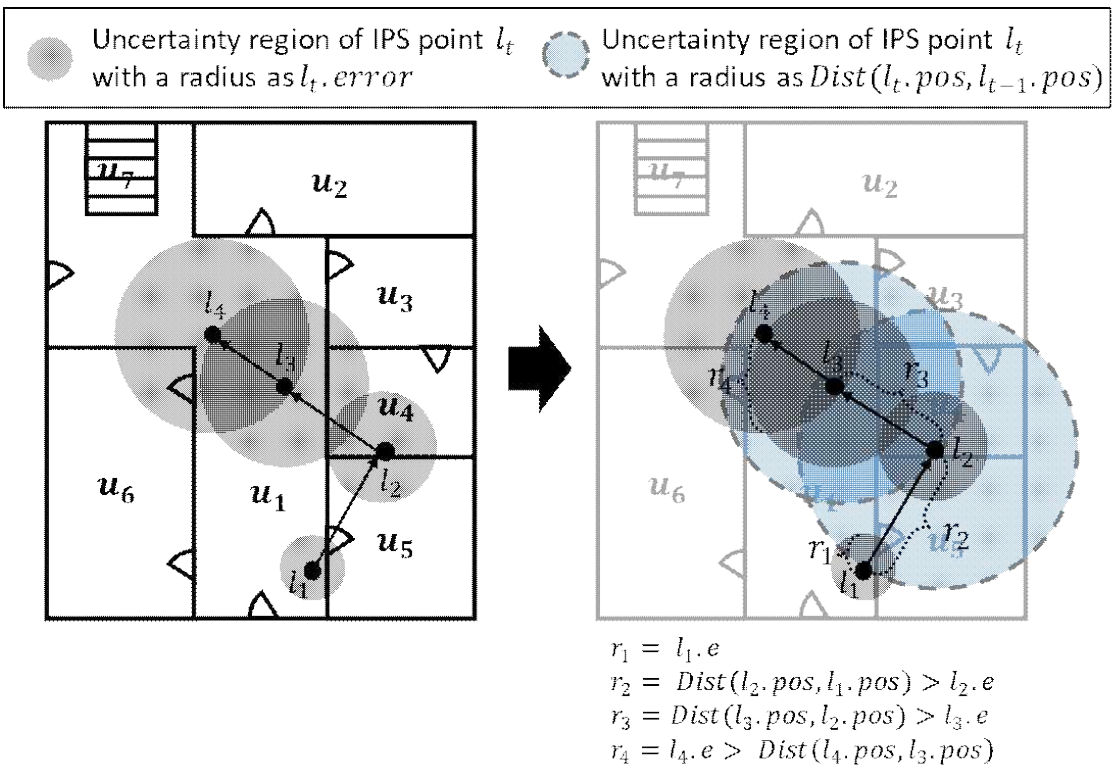


그림 713 BC 방법의 예시

2]BS:원 버퍼의 설정에 단위공간의 기하에 대한 버퍼를 함께 고려하는 방법. BC의 경우 입력된 IPS 궤적만을 고려하지만, BS의 경우 기존의 단위공간의 크기도 함께 고려함. 예를 들어 아래 그림은 단위공간의 버퍼의 예시를 보여줌

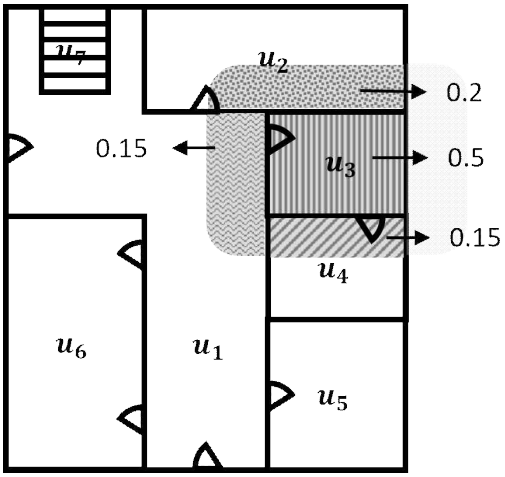


그림 714 단위 공간의 버퍼의 예시

• **정확도 개선을 위한 추가 방법**

- 실내 거리 기반 보정: 단순히 주어진 측위 좌표를 그대로 단위 공간 맵 매칭에 사용하는 것 보다, 여러 가지 보정방법을 이용하여 보정한 이후 맵 매칭을 수행하는 것이 정확도가 개선 될 것이라 기대함. 본 연구에서는 실내 거리를 이용하여 측위 좌표 간의 실내 거리가 샘플링 단위 시간 이내에 이동 할 수 있는 거리를 초과하는 경우, 인접한 혹은 이동 가능한 단위 공간 내의 좌표로 보정해주는 실내 거리 기반 보정 방법을 제안함.
- 실내 거리 혹은 실내 이동 거리는 이전에 연구된 방법을 사용하여 방의 문과 문 사이의 거리를 표현하는 D2D 그래프를 계산한 이후, 시작과 끝의 두 점이 다른 방에 위치한 경우, 시작점에서 문, 문에서 문, 문에서 끝점까지의 경로를 만들어 실내 거리를 계산할 수 있음
- 보정 기준의 경우 다양하게 설정 가능하지만, 본 연구에서는 보다 위치할 확률이 높은 공간, 즉, 여러 공간과 이어진 공간으로 최대한 보정하기 위해 실내 공간 그래프의 차수(degree)가 일정 값 이상인 공간들을 선택하고, 이후 선택된 공간과 끝점 간의 거리가 가장 짧은 공간을 선정, 해당 공간 내에 보정 좌표를 생성하는 방식으로 수행하였음. 아래 그림은 실내 거리기반 보정의 예를 보여줌. 전체 알고리즘은 아래 그림과 같음

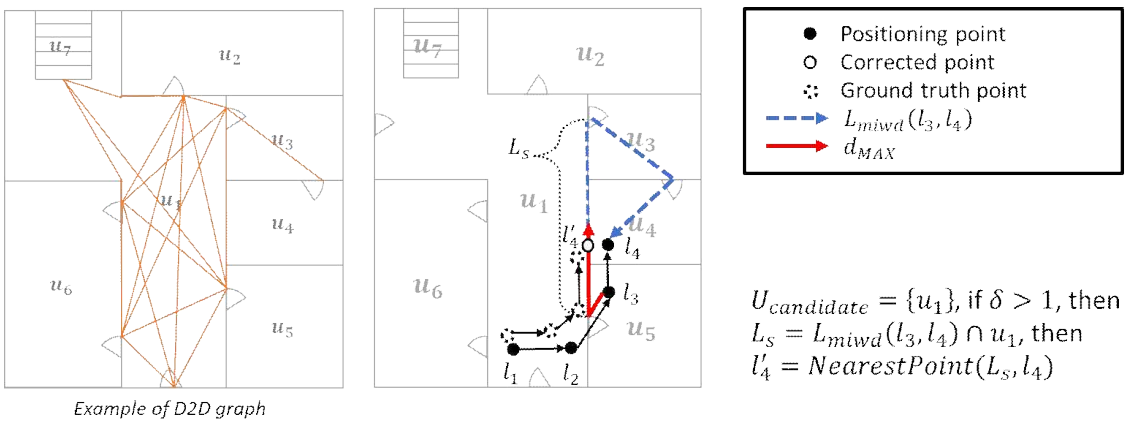


그림 715 실내 거리 기반 보정 예제

Algorithm 2 Indoor_Distance_Correction

Input:

- l_s, l_e: starting and ending IPS points
- d_{MAX}: maximum indoor distance value
- I: indoor accessibility graph as $< U, E >$
- δ: threshold value for minimum degree

Output:

- l'_e: modified IPS point

Begin

1: $l'_e \leftarrow l_e$
2: $u_s \in U \leftarrow$ the unit space containing l_s
3: $u_e \in U \leftarrow$ the unit space containing l_e
4: $L_{miwd} \leftarrow$ the route of minimal indoor walking distance between l_s and l_e using I
5: **if** $(u_s \neq u_e) \wedge (L_{miwd} \neq NULL) \wedge (Length(L_{miwd}) > d_{MAX})$ **then**
6: $U_{candidate} \leftarrow$ array for storing candidate unit spaces
7: **for all** $u_i \in U$ **do**
8: **if** $e_{s,i} \in E \vee e_{i,e} \in E$ **then**
9: **if** $deg_i \geq \delta$ **then**
10: $U_{candidate} \leftarrow u_i$
11: **end if**
12: **end if**
13: **end for**
14: $d_{tmp} \leftarrow d_{MAX}$
15: **for all** $u \in U_{candidate}$ **do**
16: $L_{segment} \leftarrow L_{miwd} \cap u$
17: $l_{tmp} \leftarrow NearestPoint(L_{segment}, l_e)$
18: **if** $Dist(l_{tmp}, l_e) < d_{tmp}$ **then**
19: $d_{tmp} \leftarrow Dist(l_{tmp}, l_e)$
20: $l'_e \leftarrow l_{tmp}$
21: **end if**
22: **end for**
23: **end if**
24: **return** l'_e

End

그림 716 실내 거리 기반 보정 방법 알고리즘

- **정확도 평가를 위한 실험 환경 및 결과**
  - 제안한 방법을 평가하기 위해 실제 데이터와 합성 데이터를 이용하여 실험을 수행하였음
  - 실험 데이터의 수집은 실제 데이터의 경우 BuildNGo라는 오픈소스 IPS 어플리케이션을 이용하여 수집하였으며, 합성 데이터의 경우 VITA라고 하는 실내 이동 객체를 생성하는 오픈소스 어플리케이션을 이용하여 수집하였음
  - 실험에 사용 된 환경은 아래 그림과 같음

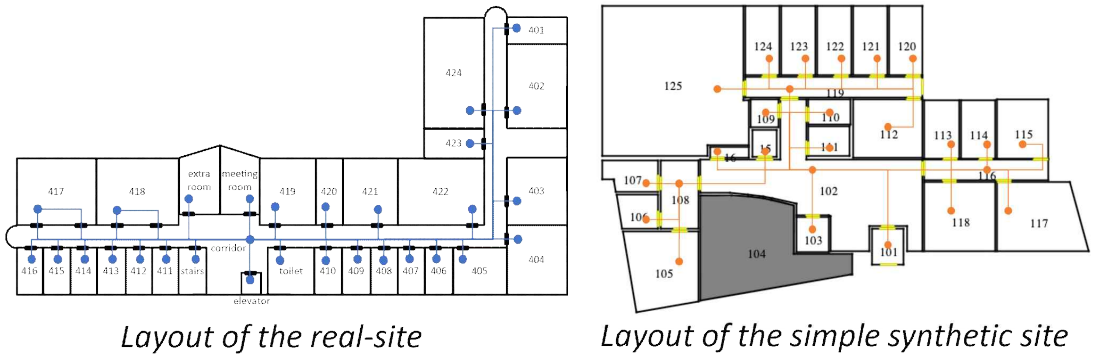


그림 717 실험을 수행한 환경

- 실험 환경의 정보 및 수집 된 데이터의 정보는 아래 표와 같음

표 185 실험 환경의 정보 및 수집 된 데이터의 정보

Features	Real-site	Synthetic-site
Number of unit spaces	4F:30	1F:27, 2F:33, 3F:37
Area (meters by meters)	76.3 x 35.2	78.1 x 36.6
Data format	OpenStreetMap XML	IFC file
Data size (Kbytes)	51.2	43142.5
Number of trajectories	35	180
Number of coordinates	3093	13436
Sampling rate (seconds)	1	1
Average of errors (meters)	-	2.1350
Variance of errors (meters)	-	1.9590
Positioning algorithm	Hybrid	Trilateration

- 기본적인 맵 매칭 방법인 NSMM과 제안한 맵 매칭 방법인 HSMM의 6가지 옵션과 IDC의 적용 여부를 이용하여 총 14가지 방법에 대한 결과는 아래 그림과 같음. 수집된 궤적 정보의 정확도, 즉 IPS의 정확도를 기준으로 정확도가 낮은 경우와 높은 경우 2가지 패턴에 대해 나누어 실험을 수행하였음. 궤적 정보의 정확도의 경우 NSMM의 정확도를 기준으로 80% 이상인지 아닌지를 이용하여 분류하였음. 결과, IPS의 정확도가 낮은 경우에 제안한 방법들은 NSMM에 비해 훨씬 개선된 정확도를 보여주는 것을 확인 할 수 있었음

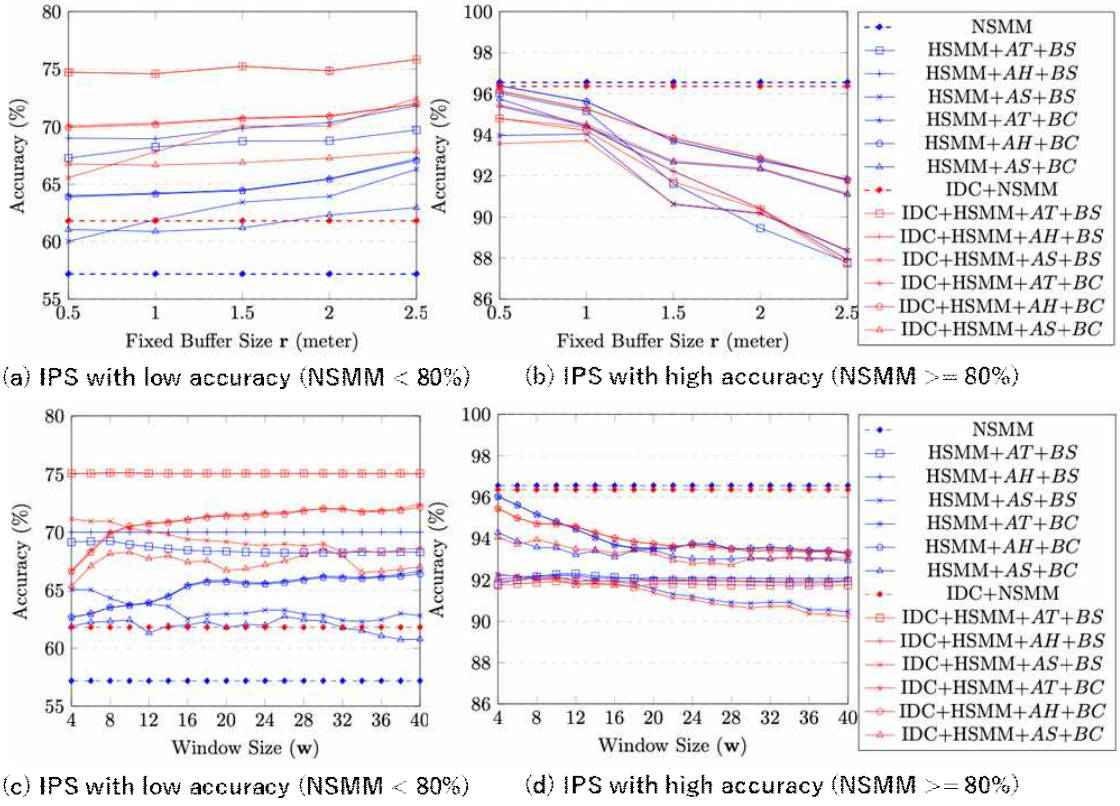


그림 718 실제 데이터의 실험 결과

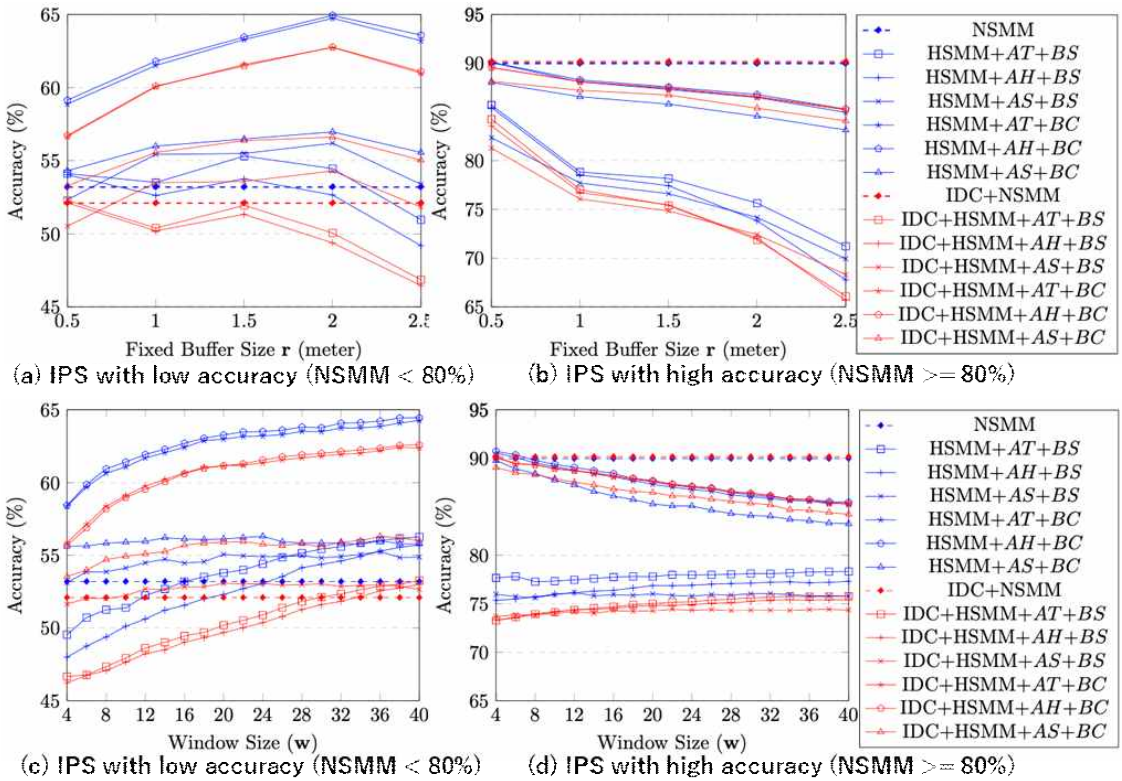


그림 719 합성 데이터의 실험 결과

- 실험 결과의 요약은 다음 표와 같음

표 186 실내 맵 매칭 실험 결과 요약

Experiment site	Real-site		Synthetic-site	
NSMM accuracy	< 80%	≥ 80%	< 80%	≥ 80%
Best USMM A matrix option	AT & AH	AT	AT	AT
Best USMM B matrix option	BS	BS	BC	BC
Best buffer size	2.5	0.5	2	1.5
Best window size	8 & 10	2	38	8
Performance of IDC	Well	Normal	Well	Normal

- AT 혹은 AH가 주로 좋은 성능을 보여줌
- AS의 경우 성능이 비교적 좋지 않았는데, 그 이유는 대부분의 궤적 데이터가 계속 움직이고 있어서 인 것으로 예상됨. 또한 이동 객체의 상태(이동,멈춤)을 판단하는 방법으로 좌표간의 거리를 사용하였지만, 이것만으로는 이동 객체의 상태를 적절하게 판단할 수 없었던 것도 한 가지 이유임
- BC의 경우, 두 환경에서 모두 좋은 성능을 보여주었으나, 긴 복도에 여러 개의 방이 연결된 단순한 구조인 실제 환경의 경우, BC보다 BS가 보다 나은 성능을 보여줌
- 슬라이딩 윈도우의 크기는 IPS의 성능과 연관되어 있음. IPS의 성능이 좋지 않은 경우에는 윈도우의 크기가 큰 경우에 잘 보정되었으며, IPS의 성능이 좋은 경우에는 윈도우의 크기가 작은 경우에 잘 보정되었음
- 실내 거리기반 보정 방법(IDC)의 경우도 슬라이딩 윈도우의 크기와 유사하게 IPS의 성능과 연관되어있음. 이는 IDC를 통해 보정하는 경우 실제 궤적과 유사한 궤적이 생성되므로 IPS의 성능이 좋은 경우에는 그 효과가 미미한 것으로 확인 됨

(다) 스마트폰의 센서를 활용한 사용자 상황추론 방법

• 상황추론 방법 목적

- 스마트폰을 활용하여 사용자의 위치정보와 활동 정보를 기반으로 상황정보를 추론함
- 추론한 상황정보를 기반으로 안전 및 보안 제어, 의료 건강관리, 마케팅 또는 기타 응용 프로그램을 포함한 다양한 영역에 적용 가능함

• 접근방법

- 본 연구는 실내공간의 사람에 초점을 맞춰 사용자와 공간에서의 활동은 상황별 정보를 제공할 수 있음.
- 예를 들어, 강의실 학생들과 함께 공간이 존재하면 이 공간이 강의실이라고 가정할 수 있음. 역으로, 강의실은 학생이나 강사로만 채워져야 함. 사용자가 환경에서 어떻게 행동하는지 알려주므로 실내공간에서 사용자의 프로파일을 행동에서 추출할 수 있음을 의미함.
- 아이디어는 의미론적 설명과 인간 활동 인식을 통한 스마트폰 위치정보에 기반함. 첫 번째는, 후속 사용자 프로파일 추출을 통해 사용자 상황을 추출함
- 사용자 프로파일 p는 함수 p = f(A, L, B, C)에 의해 유도될 수 있음

  - Activity context (A): 실내공간에서의 행동 (스마트폰 센서 수집)
  - Location context (L): 실내공간 좌표 (x, y, z)
  - Activity model (B): 사용자 실내행동 모델 (말하기, 듣기, 업무 중)
  - Location model (C): 실내공간 모델 (강의실, 사무실, 회의실)

- 이 연구의 행동 모델들은 다음과 같음. 그러나 응용 및 환경에 따라 더 복잡한 모델로 확장할 수 있음

  - Talking (말하기)
  - Listening (듣기)
  - Working (업무 중)

- 실내공간의 간단한 위치 모델은 다음과 같으며, 실내위치는 OGC IndoorGML에서 제안한 대로 셀에 의해 식별된다. 따라서 위치 모델은 셀의 분류로 정의됨. 본 연구에서 가정한 셀 분류는 간단하지만 OMNIclass와 같은 완전한 분류로 추후 확장할 수 있음

  - Lecture room (강의실)
  - Office room (사무실)
  - Meeting room (회의실)

- 제안된 접근법은 그림 3에 설명되어있음 한편, 사용자의 활동은 기계학습 방법을 통해 스마트폰의 센서 판독 값으로부터 인식되며 주어진 활동 모델로 3가지 유형으로 분류되며, 반면에 위치는 사용자의 방과 일치하고 그 유형은 위의 3가지로 인식됨. 활동 유형과 위치 유형의 두 가지 요소를 결합하여 사용자의 프로필을 프로세스의 최종 출력으로 유도함.

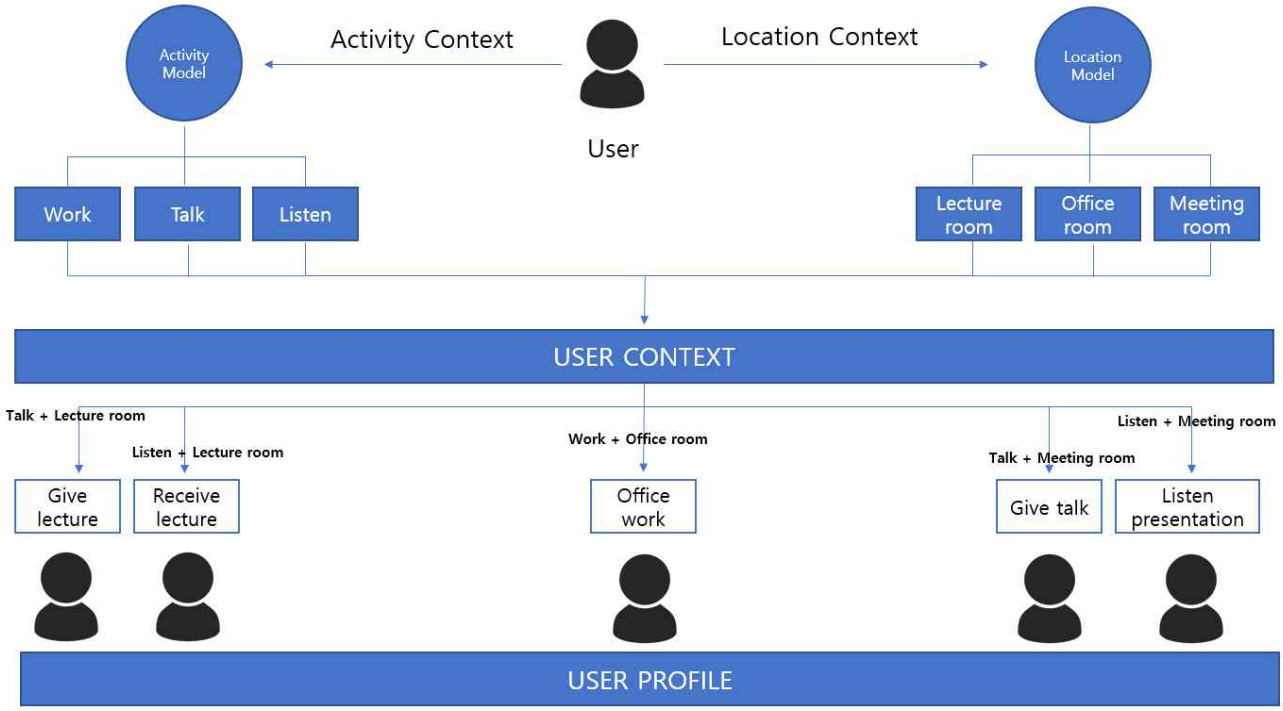


그림 720) 사용자 상황추론 전체 흐름도

• Location context

- 실외공간과 달리 실내공간은 (x, y, z) 좌표보다 방 이름과 같은 다른 식별자를 선호함. 이름으로 식별되는 실내공간의 위치는 사용자에 대해 더 의미 있는 정보를 제공함. 많은 실내 위치 인식 방법은 (x, y, z) 좌표 대신 셀 번호를 제공하며 좌표를 사용하며 실내 지도를 사용하여 좌표를 셀 번호로 변환할 수 있음. 실내 측위 방법이 정확하다면, (x, y, z)로 주어진 사용자의 위치를 포함하는 셀을 찾을 수 있음. 실내 위치 인식의 정확도가 특정 임곗값을 초과하여 셀을 식별하기에 충분하지 않으면 숨겨진 마르코프 모델기반의 기호식 실내 지도 매칭과 같은 더 복잡한 프로세스가 필요함.

[Symbolic Indoor Map Matching]

- 실내 지도 매칭을 적용하기 위해서는 실내 공간 모델을 정의해야 함. 우리의 작업을 위해 우리는 실내공간 데이터의 국제표준인 OGC (Open Geospatial Consortium) IndoorGML에 의해 소개된 셀룰러 공간 모델을 가정함. OGC IndoorGML에서 실내공간은 겹치지 않는 셀 집합으로 간주함.
- 셀룰러 공간 모델의 각 셀은 방 번호와 같은 기호 코드로 식별되기 때문에 실내 셀룰러 공간 모델은 기호식 실내 셀 공간 모델이라고도 함.
- 실내 위치 인식 방법으로 주어진 (x, y, z) 좌표에서 방 번호와 같은 셀 번호 또는 기호 위치 이름을 찾는 방법을 SIMML(Simbolic Indoor Map Matching)이라고 함.
- 예를 들어 x, y 좌표 p(50, 230)로부터 방 번호(101호) 매칭 SIMM의 결과임.

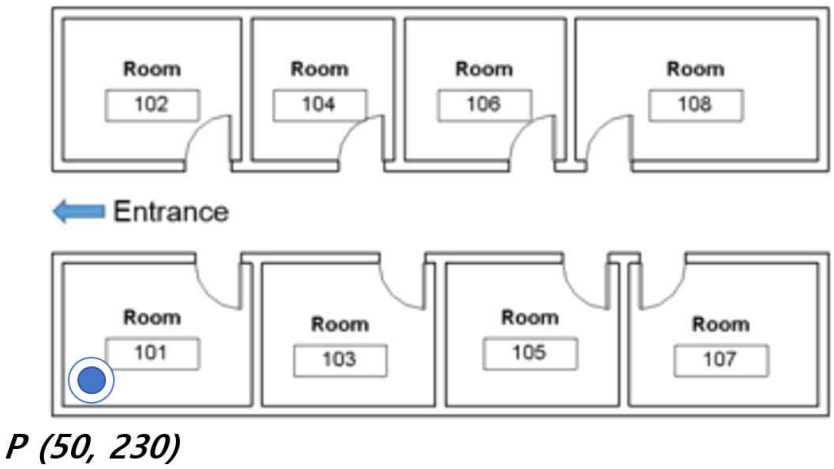


그림 721) SIMM

[Indoor Positioning System]

- 실내 위치 인식 시스템(IPS)은 전파, 빛, 자기장 및 음향 신호와 같은 모바일 장치에서 수집한 다양한 감각 정보를 사용하여 실내공간의 물체를 찾는 시스템임
- 오늘날 위치 인식 엔진은 다양한 기술로 융합되어 있습니다. 실험에서 각 사용자의 좌표는 다양한 위치 센서 (WiFi, BLE, GPS, g-sensor)와의 하이브리드 접근방식을 기반으로 Android에서 실행되는 오픈소스 응용 프로그램인 BuildNGo 데이터와 보행자 추측 계산 기능을 동시에 제공함
- 평면도를 바탕으로 우리는 JOSM tool을 사용하여 대학 캠퍼스 내의 건물에 대한 지도를 작성하여 사용자 위치를 정확하고 정확하게 나타냅니다. 또한 샘플 위치 인식 신호로 엔진에 공급할 지문을 수집함.

• Activity context

- 인간 행동 분석은 최근 활동 인식 목적으로 연구되었다. 장치에 있는 다양한 센서를 사용하여 동작을 감지할 수 있습니다. 위치 센서 (WI-FI, 셀룰러 네트워크), 광센서(근접 감지), 가속도계와 자이로스코프가 포함됩니다. 스마트폰과 웨어러블 센서가 일상생활의 일부가 되었고 우리가 가는 곳마다 휴대할 수 있으므로 활동 세부 정보를 추론하는 가장 보편적인 방법이 되었습니다. 스마트 워치 및 스마트폰에서 제공하는 원시 가속도계와 자이로스코프 센서 신호를 기반으로 우리는 인간의 활동을 인식할 수 있습니다. 최근의 딥러닝 방법이 개발됨에 따라 인식이 더욱 정확해짐.

[인간 활동 인식(Human Activity Recognition)]

- 인간 활동 인식은 센서 데이터를 기반으로 한 사람의 특정 행동을 식별하는 데 관련된 광범위한 연구 분야임
- 인간 활동은 일반적으로 단순 및 복합의 두 가지 유형으로 나눔. 단순 활동은 반복되는 단일 작업 (예 : 점프, 서기, 앉기 등)으로 구성되는 반면 복잡한 활동은 일련의 여러 작업 (정리, 요리, 약물 치료)을 종합한 것임. 과거에는 대부분의 활동 인식 방법이 신호에서 추출된 수작업 기능을 기반으로 했음. 그러나 최근의 연구는 대부분 일반화를 극복하고, 견고성을 높이며, 인식 시스템의 복잡성을 줄이기 위한 심층 특성 추출에 기반을 두고 있음. 연구에서 우리는 모바일 감지 작업을 위해 DeepSense 프레임워크를 사용함.

[DeepSense framework]

- DeepSense는 모바일 센서 간의 로컬 상호작용을 활용하고 서로 다른 센서의 로컬 상호작용을 글로벌 상호작용으로 병합하고 모델 신호 동역학과의 시간 관계를 추출하기 위해 CNN 및 RNN을 결합함. 일반적으로 우리는 다음과 같이 프레임워크를 사용 정의함.

  ▪ 센서 입력을 사전 처리하여 일련의 텐서를 입력으로 처리
  ▪ 분류 지향 작업을 위해 출력 레이어 사용자 정의

▪ 분류 지향적 작업을 위해 사용된 교차 엔트로피 비용 함수

[센서 데이터 전처리]

- 네트워크에 피드를 제공하고 활동을 분류하기 위해 스마트 워치 센서로부터 데이터를 전처리함. 첫 번째는 가속도계로, 장치의 가속도를 측정하고 두 번째는 장치의 회전을 측정하는 자이로 스코프임. 두 센서를 모두 고려하여 시작함.
- 각 센서는 다차원 측정을 제공함. 예를 들어 가속도계는 x, y 및 z 축을 따라 동작을 보고하고 일정한 간격으로 각 차원에서 센서 판독 값을 수집함. 이 값은 매트릭스로 표시할 수 있음. 이 값은 그림 4에 나와 있음.

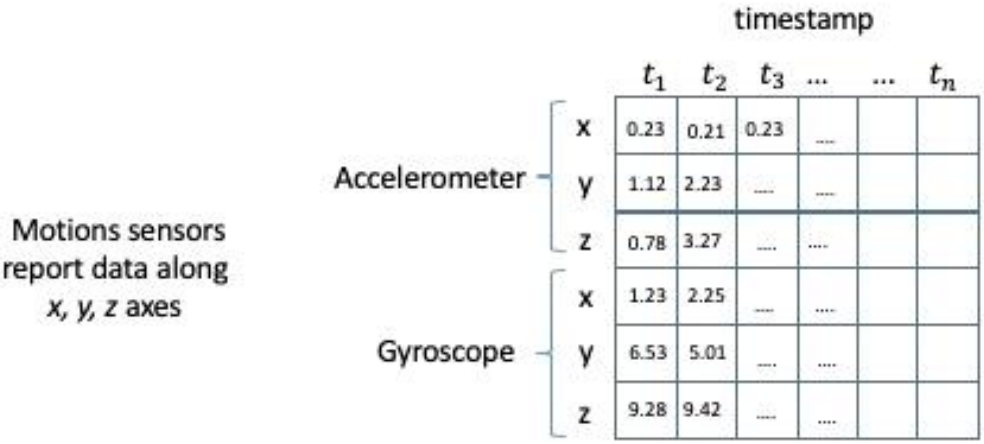


그림 722) Sensors data in matrix form

- 길이가 t인 중복되지 않는 윈도우에서 센서의 데이터를 처리함. 그런 다음 t로 데이터 포인트를 나눔으로써 총 T개의 윈도우를 얻을 수 있음.
- 예를 들어 5초의 동작 감지기 데이터가 있고 이를 0.25s 길이의 윈도우로 분할하면 그림 5에 표시된 20 windows가 됨.

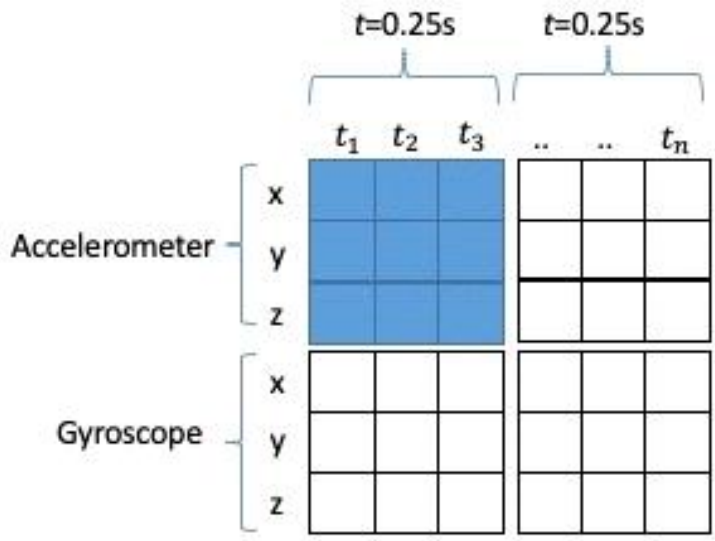


그림 723) Non-overlapping windows

- 신호처리의 경우 시계열 데이터의 패턴 학습 및 인식은 시간 차원이 아닌 주파수 차원에서 더 잘 작동함.

우리의 다음 단계는 파란색 사각형으로 표현된 각 T 윈도우를 가져오고, 고속 푸리에 변환(Fast Fourier transformation)을 통과시키는 것임. 총합은 각 창에 대한 d * 2f 행렬임.

- 이 행렬의 T를 가지며, 모든 데이터를 d * 2f * T 개의 텐서로 감싼다. 이것은 그림 6에 나와 있음. 이제 우리의 데이터는 신경망 회로에 들어갈 준비가 됨.

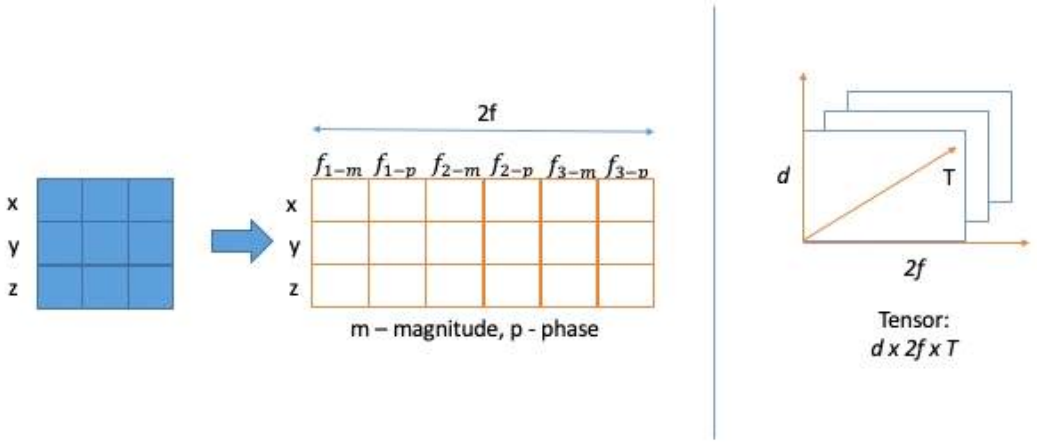


그림 724) Frequency components and single tensor

[핵심 네트워크 구조]

- 입력을 위해 단일 텐서로 구성된 것이 있지만 네트워크는 한 번에 하나의 창에서 한 조각씩 데이터를 처리함. 각각의 d * 2f 윈도우 슬라이스는 그림 7에 설명된 것처럼 세 부분으로 구성된 회선 신경망 구성요소를 통과함.

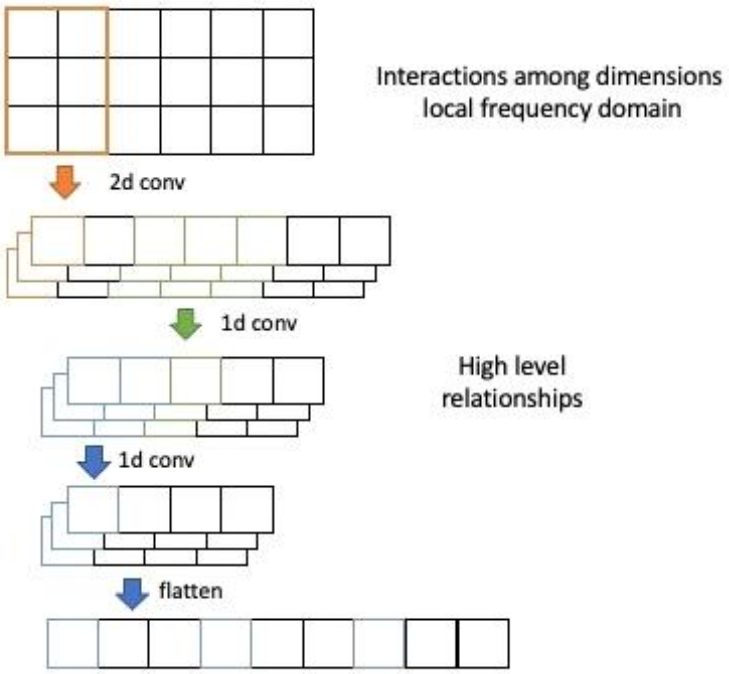


그림 725) Convolutional layers

- 첫 번째 부분에서는 2D 합성곱 필터를 사용하여 로컬 주파수 도메인의 차원 간 상호작용을 캡처함. 레이어의 출력은 상위 레벨 관계를 포착하는 1D 합성곱 필터 레이어를 통과함. 마지막 필터 레이어의 출력은 편리한 센서 피처 벡터로 평탄화됨.
- 애플리케이션에서 사용되는 두 개의 센서 각각에 대해 위의 과정을 수행하면 그림 8와 같이 두 개의 행으로 구성된 행렬에 팩 할 수 있는 두 개의 센서 기능 벡터가 생김.

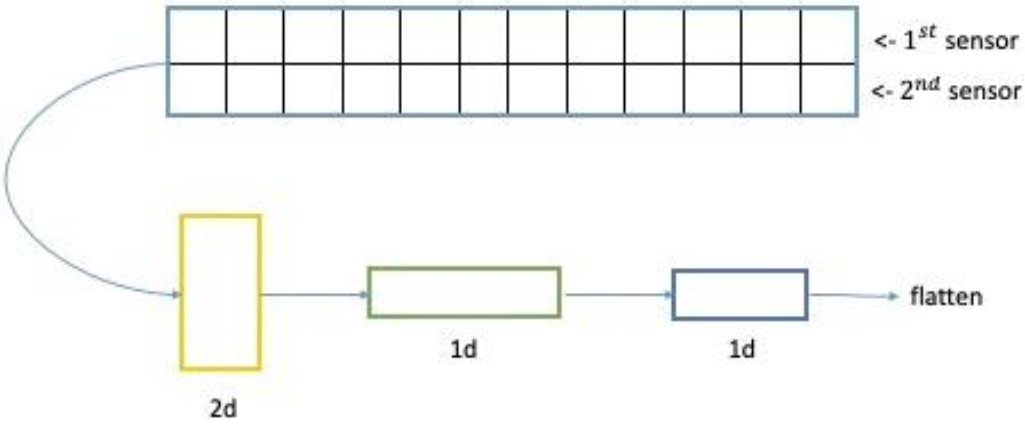


그림 726) Combining data from multiple sensors

- 그 다음, 센서 피처 행렬은 그림 7과 같은 구조를 가진 두 번째 컨벌루셔널 신경망 구성요소를 통해 공급됩니다. 2D 합성곱 필터 레이어 다음에 2개의 1D 레이어가 뒤 따름. 마지막 필터 레이어의 출력을 가져와서 그림 8와 같이 병합된 센서 피처 벡터로 변환함.
- 이제 하나의 윈도우에 센서 피처 벡터가 병합되면 모든 T 윈도우에 대해 동일한 프로세스를 반복해야 함.
- 위의 프로세스를 사용하면 T가 센서 특성 벡터를 결합하므로 네트워크는 intra-window 상호작용이라고 불리는 각 창의 내부 관계를 학습함. 그러나 시간 창에서 윈도우 간 관계를 배우는 것도 중요함. 이 목적을 위해 T 특징 벡터는 그림 8에서 보여주는 주요 아키텍처의 마지막 부분인 Recurrent Neural network (RNN)에 입력됨.
- 반복 층의 출력은 T 벡터의 연속이며 시간 창당 하나의 벡터임. 추가 프로세스의 경우 개별 벡터가 단일 고정 길이 벡터로 병합됨. 이 작업에서는 기본 교차 엔트로피 비용 함수를 교육 목표로 사용함.

    ▪ L = H (y, F (X))

- 여기서 F는 DeepSense 모델을 함수로 나타내고 (X, y)는 단일 학습 샘플 쌍이고 H는 두 분포의 교차 엔트로피임.

• 실험

[데이터 수집]

- 25명의 지원자 대상으로 인간 활동 인식을 위해 가속도계 센서와 자이로스코프에서 초당 50개의 샘플 데이터를 수집함. 다양한 활동에 대한 가속도계와 자이로스코프 센서의 원시 데이터 예가 그림 9에 나와 있음.

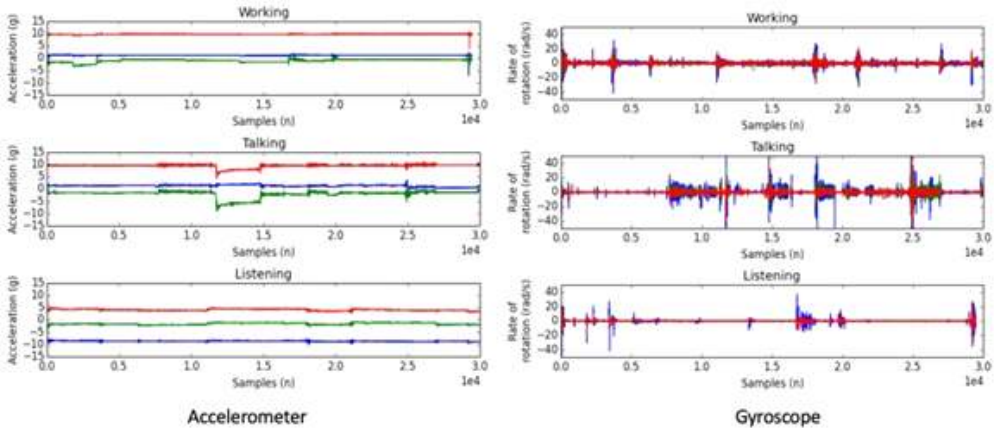


그림 727) Raw accelerometer and gyroscope user sample

- Location context 결정을 위해 활동 시작부터 위치가 변경될 때마다 데이터를 수집함. 위치에 대한 데이터에는 경도, 위도 및 위치정확도와 같은 속성이 있음. 실험을 수행하기 위해 부산대학교 캠퍼스 내 313동과 201동에 각각 30셀과 25셀로 구성된 건물 데이터를 구축함. 그림 10과 같이 표시된 셀의 사용자 위치 데이터임.

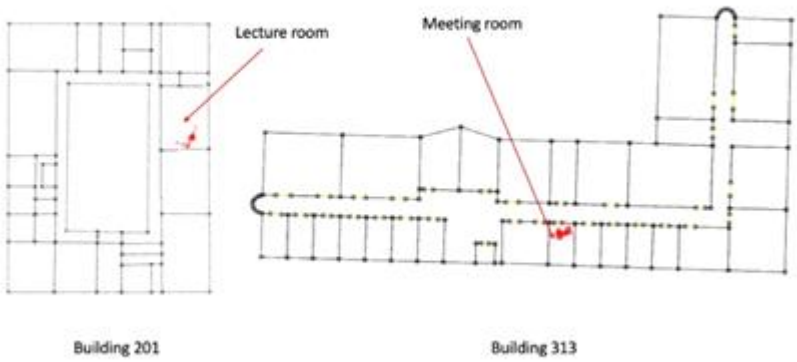


그림 728) Floorplans with user footprints in PNU

[실험 및 평가]

- 행동 인식 평가를 위해 센서 데이터 세트를 80대 20의 비율로 훈련 세트와 테스트 세트로 나눔. 단일 반복에서 알고리즘은 64 배치 크기로 실행함. 네트워크를 훈련하는 동안 과적합을 방지하기 위해 드롭아웃 기법이 사용함. 센서 데이터를 5초의 샘플 길이로 T = 20일 때 최상의 결과를 얻음.
- 테스트 데이터를 신경망에서 필터링을 진행함. 사용자 위치 데이터에서 기호 위치를 식별함. 두 개의 데이터를 결합하여 사용자 상황을 추론함.
- 일반적으로 사용자 상황추론 프로세스는 다음과 같음.

1. 딥러닝을 통해 가장 정확한 결과로 테스트 에포크를 얻습니다.
2. 실내 지도의 좌표에서 기호 위치를 가져옵니다.
3. 활동의 각 샘플을 식별된 상징적 위치와 쌍으로 연결합니다.

- 실험 결과 718개의 테스트 케이스 중 664개의 상황을 정확하게 추정했음. 664개의 정확한 경우는 사용자 프로필 추출에 대해 92.47%의 정확도로 해석할 수 있음.

• **결론**

- 본 연구는 하나의 공간의 용도는 고정되었다고 가정하였음. 그러나 하나의 공간은 다양한 용도로 변경될 수 있음.
- 예를 들면 대여형 다용도실의 경우는 파티룸이 될 수도 있고 발표장이 될 수도 있음.
- 시간대별로 다르게 사용되는 공간에 대해서는 Context가 다양하게 해석될 수 있음. 이러한 부분에 대해서 좀 더 연구가 필요함.
- 본 연구에서는 다양한 사례에 대해서 언급하지는 못했지만, 실제 사용되는 환경에 직접 접목한다면 현실적인 model 수립이 가능할 것으로 예상됨.
- 사용자 수에 상관없이 빠른 사용자 예측을 위해서 사용자의 스마트폰에서 직접 상황 예측을 수행한다면 매우 빠른 결과를 얻을 수 있을 것으로 기대됨.

④ 최종성과 As-is To-be 대비표

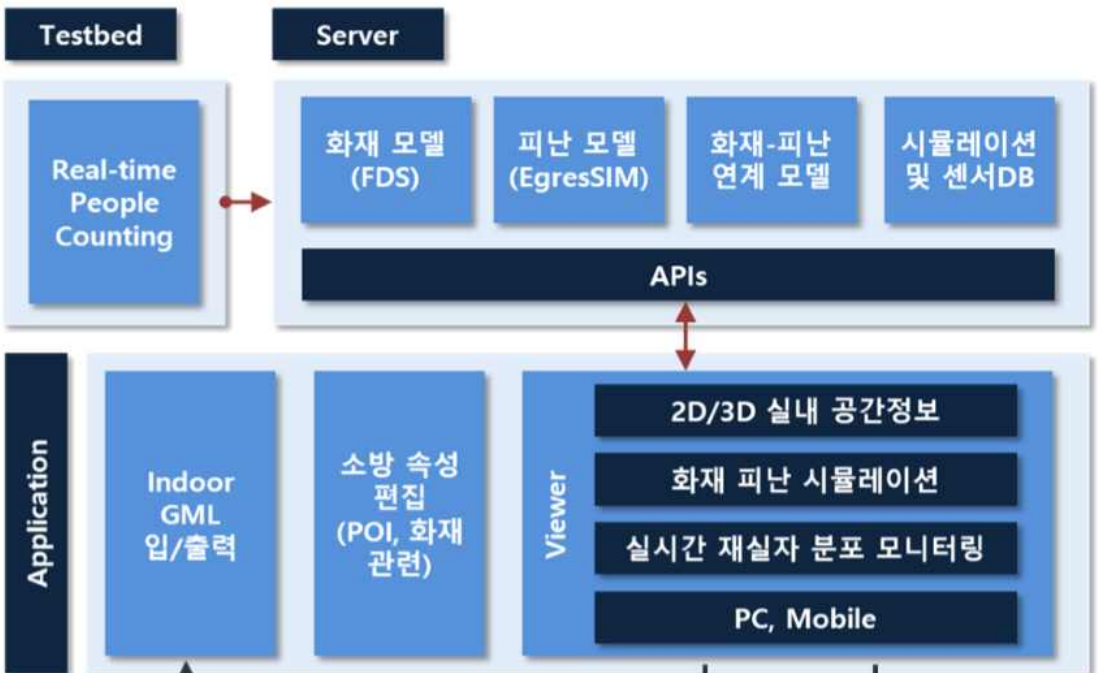
구분	As-is (개발 시점)	To-Be (종료시점)	비고
IndoorGML 지원 도구 (InEditor, InFactory, InViewer, TICA)	- IndoorGML 지원 도구 부재	- InEditor는 IndoorGML 데이터 편집 기능 구현 - InFactory는 IndoorGML 데이터 생성 - InViewer는 IndoorGML 시각화 도구 구현 - TICA는 Point Cloud(Triagle Mesh) to IndoorGML 생성 도구 개발	IndoorGML 지원 도구 개발
코로나 전파 분석 시뮬레이터 (InCovid)	- 바이러스 전파 시뮬레이터는 이동 물체간의 거리와 감염 확률에 중점을 두어 시뮬레이션을 진행함	- 실내공간정보를 활용하여 건물의 방과 층을 구분하여 이동 객체의 감염률을 3차원으로 분석하여 정확도 향상	시뮬레이터 개발
실내단위공간 분할기법	- 시설물(CCTV, 비콘) 설치, 길 찾기 등 특정 제약조건에만 적용 가능한 공간분할 방법	- 여러 제약조건을 혼합하여 목적에 적합한 제약조건을 만들 수 있는 공간분할 방법 개발	비용 절감
실내공간정보 맵매칭	- 실내 측위 좌표와 가장 가까운 공간으로 매칭하는 Nearest Space Map Matching (NSMM)	- 실내구조의 제약조건(벽과 같은 구조물로 공간이 구분됨 등) 및 측위 좌표의 오차에 대해 확률 모델을 이용하여 정확도 개선을 수행	실내 측위 기술 정확도 향상

(카) 3-2 공동 (서울시립대학교 산학협력단)

[실내 재난대응솔루션 구조]

○ Client-Server 아키텍처

- 실내 재난대응솔루션은 Client-Server 모델로 개발되며, 이는 서비스 요청자인 클라이언트와 서비스 자원의 제공자인 서버 간의 작업이 분리된 시스템 아키텍처에 해당함
- 사용자가 활용하게 되는 어플리케이션 단의 기능은 다음과 같음
  - IndoorGML 입/출력
  - 소방 속성 편집: 소방설비 poi 데이터 생성, 벽체 속성 편집, 공간 지오메트리 편집
  - 뷰어: 2D/3D 실내 공간정보, 화재 피난 시뮬레이션, 실시간 재실자 분포 모니터링
  - PC/Mobile 버전 지원
- 어플리케이션의 뷰어에서 제공되는 데이터를 연산하는 서버의 기능은 다음과 같음
  - IndoorGML-FDS 연계
  - FDS를 이용한 비동기식 화재 시뮬레이션 연산
  - 화재 확산과 이에 따른 보행자 행동패턴이 반영된 피난 시뮬레이션 연산
  - 실내 센서 기반 실시간 재실자 분포 모니터링 데이터베이스
  - 시뮬레이션 데이터베이스
  - 어플리케이션 단과의 연계를 위한 REST API (MovingFeatures, SensorThings)

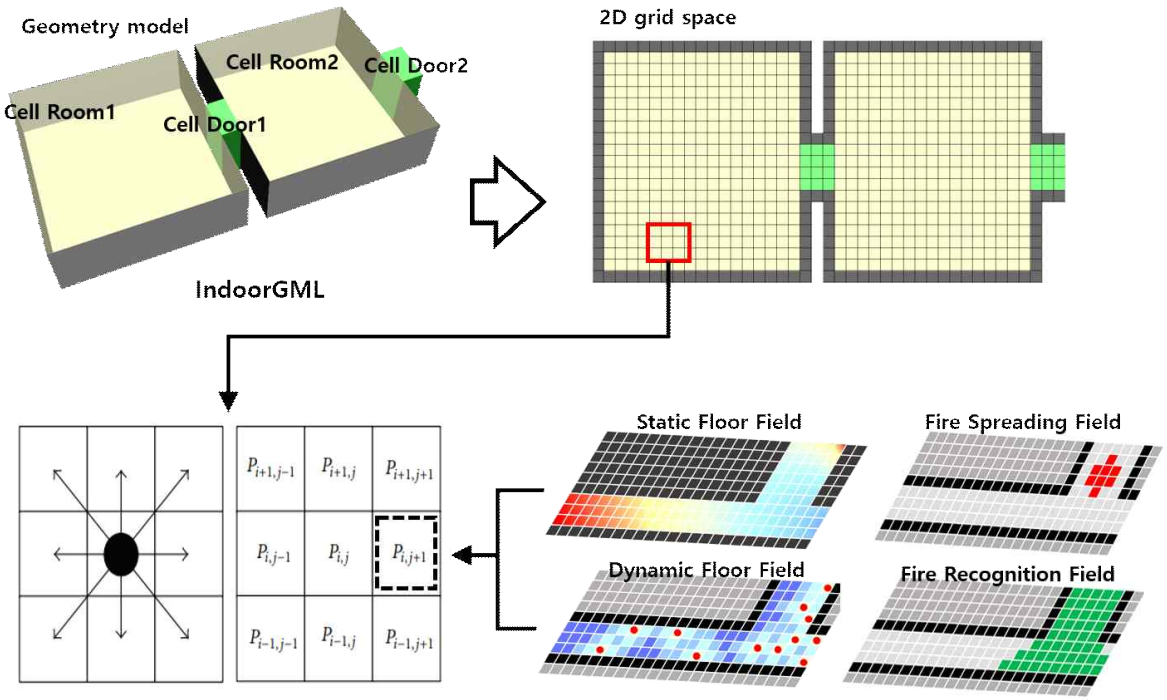


실내 재난대응솔루션의 구성

[화재 확산을 고려한 개선된 floor field model(FFM)]

○ Data model

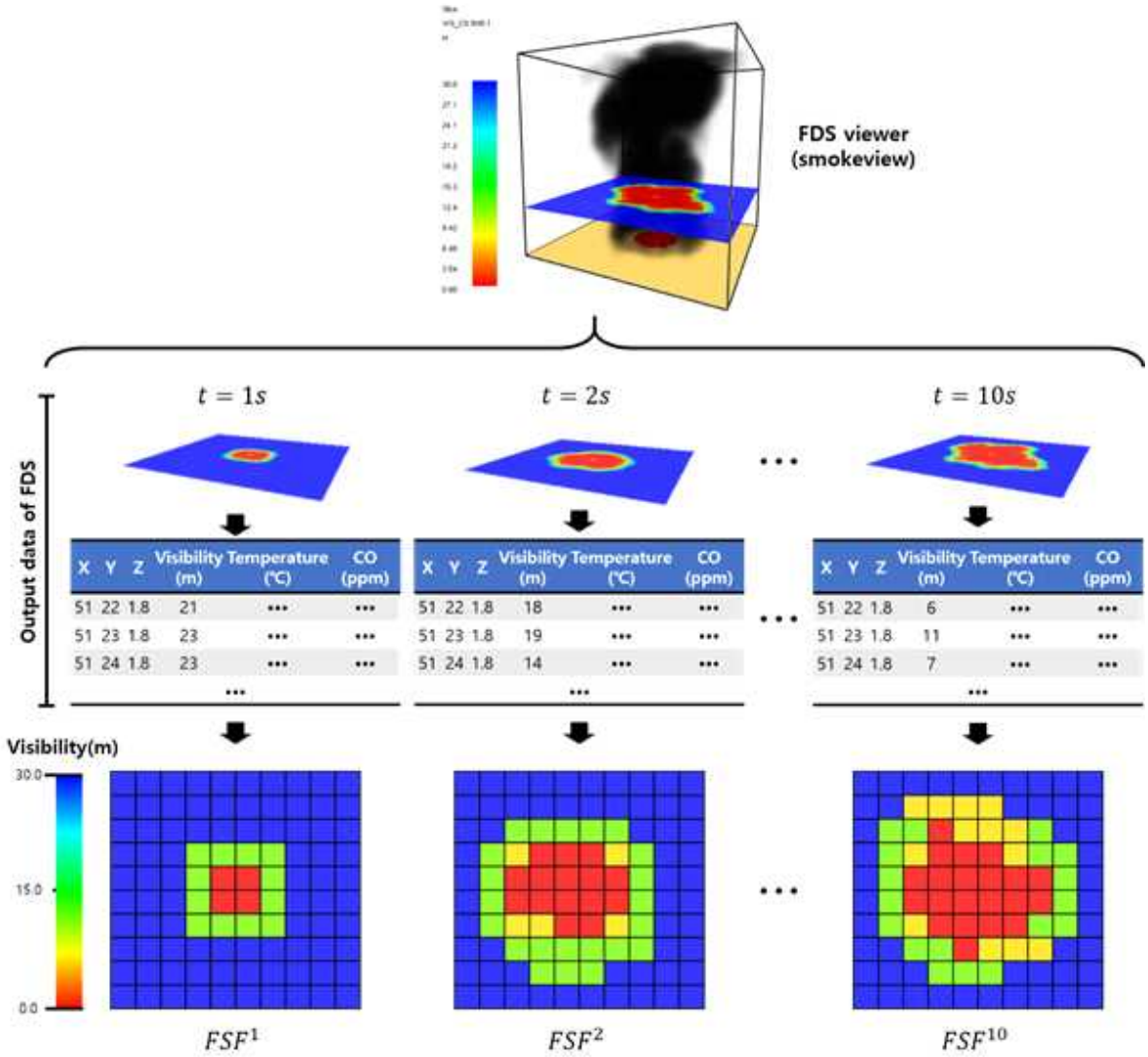
- 본 연구에서 제안하는 대피 시뮬레이션 모델은 화재 확산을 고려하여 개선된 FFM으로, 대상 공간을 navigable 격자와 non-navigable 격자로 구분된 2차원 격자 공간으로 모델링함
- 본 연구에서는 IndoorGML의 평면 데이터를 이용하여 공간 기하가 적용된 격자 공간을 구성하였고, IndoorGML의 3차원 공간 기하 데이터를 FDS 포맷으로 변환하여 화재 시뮬레이션 연산에 활용함
- 개선된 FFM에서 보행자는 하나의 격자 위에 위치하고, 매 타임 스텝마다 주변 격자로의 이동확률을 연산하여 이동할 격자를 선택함
- 이동확률(transition probability)에는 출구와의 거리(static floor field), 다른 보행자의 흔적(dynamic floor field) 및 점유 여부, 장애물, 화재 영향(fire spreading/recognition field) 등이 고려됨



개선된 FFM의 데이터 구조

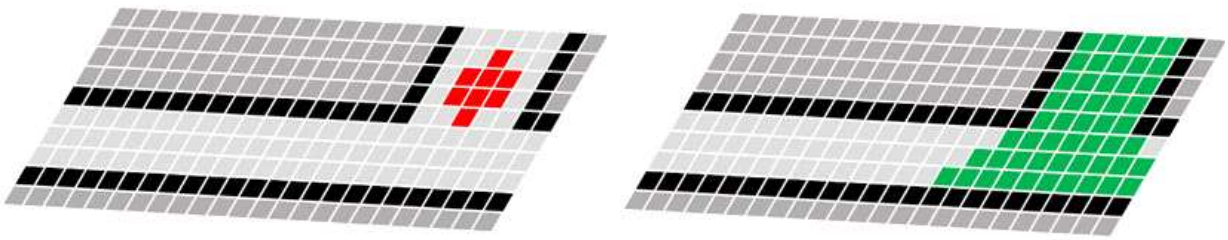
○ Fire spreading / recognition field

- 화재 확산 필드(FSF)는 화재 위험도를 의미하는 격자 공간으로, 하나의 격자는 화재로 인한 온도, 연기 농도, 가시거리에 대한 데이터를 포함함
- 각 격자의 화재 위험도는 FDS를 이용하여 연산함
- FDS는 공간 데이터, 화재 위치와 발열량 등을 포함한 화재 파마리터를 입력하면, 사용자가 입력한 해상도와 시간 간격에 따른 2차원 화재 확산 데이터를 생성하고, 해당 데이터는 각 좌표에서의 열, 연기 농도, 가시거리에 대한 분석 값임
- 화재 확산 필드는 그림 7과 같이, FDS를 통해 연산된 각 시점별 화재 확산 데이터를 매핑한 것임
- 따라서, FSF^t는 t 타임 스텝에서의 격자 (i,j)의 화재 위험도 F_{ij}^t 집합이며, F_{ij}^t는 열 α_{ij}^t, 연기 농도 β_{ij}^t, 가시거리 γ_{ij}^t로 구성됨



FDS를 이용한 화재 확산 필드 생성

- 화재 인지 필드(FRF)는 보행자가 연기를 인지할 수 있는 공간을 의미하는 격자 공간으로, 화재 확산 필드에서 연기가 존재하는 격자들로부터 시야각을 고려한 확장을 통해 파생되는 필드임
- 시야각은 space syntax 이론을 배경으로 하며, 위험도가 존재하는 격자로부터의 확장은 벽과 같은 장애물을 만날 때까지 지속됨
- 따라서, FRF^t는 t 타임 스텝에서의 격자 (i,j)의 화재 인지 여부 R_{ij}^t 집합이며, R_{ij}^t는 연기를 인지할 수 있는 격자일 경우 1, 그렇지 않으면 0의 값을 가짐



화재 확산 필드　　화재 인지 필드

○ Weighted static floor field

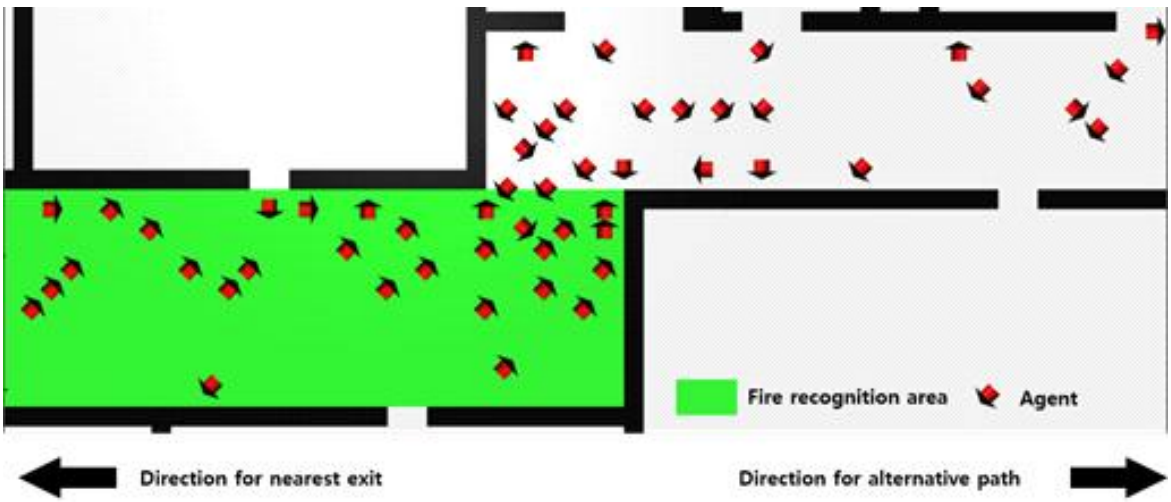
- 가중 static floor field 는 화재 확산 및 인지 필드가 고려된 거리 맵으로, 가중 static floor field를

구성하는 격자 (i,j)의 화재 가중 거리 S_{ij}^t는 다음과 같음

- $S_{ij}^t = \frac{Wd_{ij}^*}{\sum_{i,j} Wd_{ij}^*}$, $Wd_{ij}^* = \min(d_{ij,1} + w_{ij,1}^t, d_{ij,2} + w_{ij,2}^t, ...d_{ij,n} ++ w_{ij,n}^t)$
- S_{ij}^t는 화재 위험도를 고려하여 매 타임 스텝마다 업데이트되고, $w_{ij,k}^t$는 t 타임 스텝에서의 격자 (i,j)에서 k번째 출구로 향할 때 누적되는 화재 위험도 가중치에 해당함
- FDS는 오랜 연산시간이 요구되기 때문에, 본 모델을 이용한 시뮬레이션이 수행되기 위해서는 FDS 연산을 통한 화재 확산/인지 필드의 생성, 이를 고려한 가중 static floor field의 연산이 미리 선행되어야 함

○ Transition probability

- 각 보행자는 매 타임 스텝마다 주변 격자들로의 이동확률(Transition probability)을 계산하고, 이를 토대로 이동할 격자를 선택해나가며 최종 목적지까지 도달함
- 화재를 인지하지 못한 보행자는 전통적인 FFM의 이동확률에 따라 이동하고, 화재를 인지한 보행자는 본 연구에서 제시하는 개선된 이동확률 식에 따라 출구로 이동함
- $P_{ij} = N\exp(k_D D_{ij} - \frac{\gamma_{ij}^t}{\gamma_{ij}^0} k_S S_{ij}^t)(1-\eta_{ij})\epsilon_{ij}$
- 이동확률은 출구와의 거리(S_{ij}^t), 다른 에이전트의 흔적(D_{ij}), 다른 에이전트의 점유 여부(ϵ_{ij}), 벽과 같은 고정 장애물 여부(η_{ij}), 가시거리(γ_{ij}^t) 등이 고려됨
- N은 주변 격자로의 확률의 합이 1이 되게 하기 위한 정규화 함수, k_D와 k_S는 각각 다른 에이전트를 따라가려고 하는 성질 및 출구와 가까워지려는 성질에 대한 민감도 파라미터, η_{ij}는 장애물이 존재하면 1, 없으면 0의 값을 취하고, ϵ_{ij}는 다른 에이전트가 해당 격자를 점유하고 있다면 0, 그렇지 않다면 1의 값을 취함
- 가시거리의 초기값 γ_{ij}^0은 30m로, 연기의 영향 받는 격자는 30m보다 가시거리가 줄어들게 됨
- 즉, 가시거리 비율을 적용함으로써, 출구에 대한 전역적 거리 값을 알더라도 연기로 인해 시야를 확보하기 어려울 경우, 경로를 찾지 못하고 헤매는 보행자의 행동패턴을 구현할 수 있음
- 다만, 화재 인지 필드의 계산에 따라, 화재를 인지한 보행자와 화재를 인지하지 못한 보행자가 동일한 격자를 두고 지속적으로 충돌하는 교착상태에 빠질 수 있음
- 이에, 화재를 인지하지 못한 보행자더라도, 인접 격자에 화재를 인지한 보행자가 있을 경우, 화재 확산을 고려한 이동확률 식에 따라 최종 출구까지 이동하도록 갈등 해결 규칙을 적용함



교착상태 예시

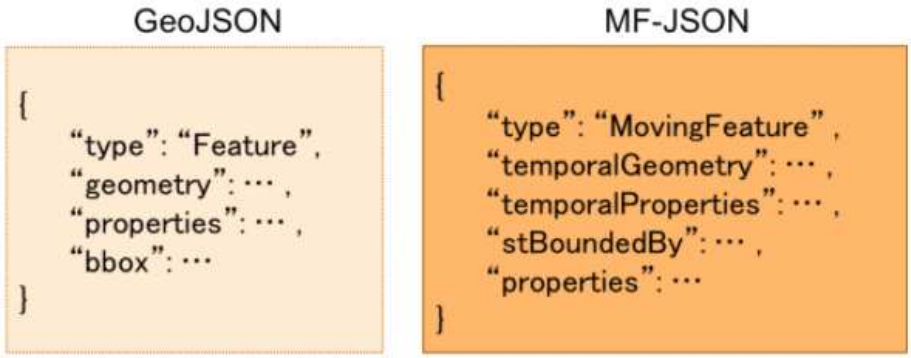
○ Update rule

- 초기화: 모든 t에 대하여 FSF^t, FRF^t, SFF^t 연산, 에이전트 랜덤 배치, $t=0$
- 1. DFF 연산
  - Step. 1, if an agent passed cell (i,j), $D_{ij}^{\frac{t+1}{3}} = D_{ij}^t + 1$
  - Step. 2, calculation by applying the diffusion ($\lambda \in [0,1]$) and extinction ($\delta \in [0,1]$) parameters, $D_{ij}^{t+2/3} = (1-\lambda)(1-\delta)D_{ij}^{\frac{t+1}{3}} + \lambda\frac{1-\delta}{8}\left(\sum_{i-1}^{i+1}\sum_{j-1}^{j+1} D_{ij}^{\frac{t+1}{3}} - D_{ij}^{\frac{t+1}{3}}\right)$
  - Step. 3, D_{ij} normalization, $D_{ij}^{t+1} = D_{ij}^{\frac{t+2}{3}} / \sum_{i,j} D_{ij}^{\frac{t+2}{3}}$
- 2. FSF^t, FRF^t, SFF^t 로드
- 3. 이동확률에 따른 에이전트 이동
- 4. t를 1 증가시키고 1단계부터 반복

[MovingFeatures API]

○ **정의**

- Moving Features JSON(MF-JSON) 포맷은 GeoJSON 포맷의 확장형으로써, OGC에서 제안하는 이동 객체에 대한 데이터 교환 표준임
- WGS84 좌표계와 세계기준시를 참조하여 객체의 각 시점별 좌표, 속성 등 동적인 시공간 정보를 제공함
- MF-JSON은 이동 객체에 대하여 다음의 요소를 정의함
  - type: 무빙 피쳐에 대한 타입 정의
  - temporalGeometry: 각 시점과 해당 시점에서의 좌표, 벡터 타입 등
  - temporalProperties: 동적 속성(시간의 흐름에 따라 변할 수 있는)
  - stBoundedBy: 바운딩박스
  - properties: 스태틱한 속성



GeoJSON과 MF-JSON의 비교

○ **데이터 포맷**

- 기본 형태는 GeoJSON 포맷이며, 여기에 temporal 속성과 MF에 대한 타입이 추가된 형태
- type

- 표현하고자 하는 객체가 이동 객체(MF)인지 아님 고정형 객체(Feature)인지 정의
- required 요소

• temporalGeometry
  - temporalGeometry는 type, coordinates, datetimes, interpolations 항목으로 구분
  - type: 이동 객체의 벡터 표현에 대한 정의로, 포인트, 라인, 폴리곤으로 구분
  - coordinates: 각 시점별 좌표에 해당, 따라서 이동 객체의 궤적에 대한 데이터를 의미
  - 좌표계는 WGS84를 기준으로 함
  - datetimes: 객체의 관측 시점 혹은 coordinates와 대응되는 각 시점을 의미
  - 따라서 coordinates 속성과 datetimes 속성을 이용하여 객체의 이동을 묘사할 수 있음
  - interpolations: 관측 시점에 따라 비관측 지점에 대한 객체의 좌표를 내삽하는 방법론 정의 (ex. Linear)

• temporalProperties
  - 이동 객체의 시계열적 속성을 의미, 시간의 흐름에 따라 변화하는 속성이 있다면 temporalProperties에 정의함
  - datetimes를 비롯하여 사용자가 객체에 대해 정의할 수 있는 동적 속성들을 기입하는 항목에 해당함
  - 화재 확산 상황에 대하여 개별 보행자를 MF로 묘사한다고 할 때, temporalProperties에는 보행자의 가시거리, 연기 흡입량 등을 적용할 수 있음

• stBoundedBy, properties
  - 바운딩박스를 비롯한 정적 속성을 정의함
  - 객체의 명목 척도(nominal value)에 대하여 기입하는 요소임

○ **데이터 샘플**

```
{
    "type":"MovingFeature",   //(REQUIRED) Moving Feature Type
    "temporalGeometry":{//(REQUIRED) temporal geometric object, extended from 'geometry'
        "type":"MovingPoint",// a geometry type to represent a trajectory
        "coordinates":[[100.0 ,0.0 ],[101.0 ,0.0 ],[101.0 ,1.0 ],[100.0 ,1.0 ]],

"datetimes":["2011-07-14T22:01:01Z","2011-07-14T23:01:01Z","2011-07-15T00:01:01Z","2011-07-15T0
1:01:01Z"],
        "interpolations":["Linear"]// a pre-defined interpolation method between two consecutive instants
in the "datetimes" field
    },
    "temporalProperties":[   //(OPTIONAL) dynamic non-spatial attributes, extended from 'properties'
        {// a group of temporal properties that are measured at the same times
            "datetimes":["2011-07-14T22:01:01Z","2011-07-14T23:01:01Z","2011-07-15T00:01:01Z"],
            "length":{
              "uom":"http://www.qudt.org/qudt/owl/1.0.0/quantity/Length",//  a  URI  denoting  a
unit-of-measure
              "values":[1.0 ,2.4 ,1.0 ],// the array of values for "length", with the same number of
elements as "datetimes"
              "interpolations":["Stepwise"],
              "description":"description1"//(OPTIONAL)
            },
            "message":{
              "uom":"text",// a predefined unit for a string value
              "values":["A","B","C"],// the array of values for "message", with the same number of
elements as "datetimes"
              "interpolations":["Discrete"],
              "description":"description2"//(OPTIONAL)
            }
        },
```

```
        {
            "datetimes":["2011-07-14T22:02:01Z","2011-07-15T01:11:22Z"],
            "discharge":{
              "uom":"m^3/s",// a symbol from UCUM
              "values":[3.0 ,4.0 ],
              "interpolations":[// two user-defined interpolations having two sub-time intervals
                  {
                      "coefficients":[1.0 ,3.0 ,4.1 ],// v = 1.0t^2 + 3.0t + 4.1
                      "period":{
                        "begin":"2011-07-14T22:02:01Z",
                        "end":"2011-07-14T23:11:14Z"
                      }
                  },
                  {
                      "coefficients":[5.0 ,8.2 ],// v = 5.0t + 8.2
                      "period":{
                        "begin":"2011-07-14T23:11:14Z",
                        "end":"2011-07-15T01:11:22Z"
                      }
                  }
              ],
              "description":"it has two user-defined interpolations"//(OPTIONAL)
            }
        }
    ],
    "stBoundedBy":{  //(OPTIONAL) spatiotemporal bounding box to include the moving feature
        "bbox":[100.0 ,0.0 ,101.0 ,1.0 ],
        "period":{
            "begin":"2011-07-14T22:01:00Z",
            "end":"2011-07-15T21:14:00Z"
        }
    },
    "properties":{     //(OPTIONAL) static non-spatial attributes regardless of time: the same representation of GeoJSON
        "name":"bus1",
        "state":"test1"
    }
}
```

○ **시뮬레이션 API**

- 사용자는 재난대응 서버의 시뮬레이션 API를 호출하여 에이전트 기반의 마이크로 대피 시뮬레이션을 수행하고, 이에 따른 개별 보행자의 대피 궤적을 MF-JSON 타입으로 제공받을 수 있음
- Web API 서비스이기 때문에, OS에 의존적이지 않고 PC/Mobile 모두에서 사용자가 시뮬레이션 결과를 제공받을 수 있음
- 시나리오 기반 시뮬레이션 API
  - geodb.uos.ac.kr/api/inous/egressim(params)
  - params는 api를 통해 서버로 전달되는 매개변수를 의미하고, 대피인원 수, 재실자들의 공간친숙도 및 주변인 의존도 등을 입력할 수 있음
  - 대피인원 수는 필수 값이며 이외의 보행 파라미터는 옵션 값에 해당함
  - 사용자가 위 함수를 호출하면, ASP.NET Core 기반의 REST API가 실행되고 동기식 연산을 실시간으로 수행하여 시뮬레이션 연산 결과를 제공함
  - 현재 시뮬레이션 대상 공간은 테스트베드인 시립대 21관을 대상으로 함
- 실시간 센서 데이터 연동 기반 시뮬레이션 API
  - geodb.uos.ac.kr/api/inous/egressim_sensor()
  - 위 API를 호출하면, 테스트베드의 센서를 통해 집계된 각 존 단위 실시간 재실자 분포를 바탕으로

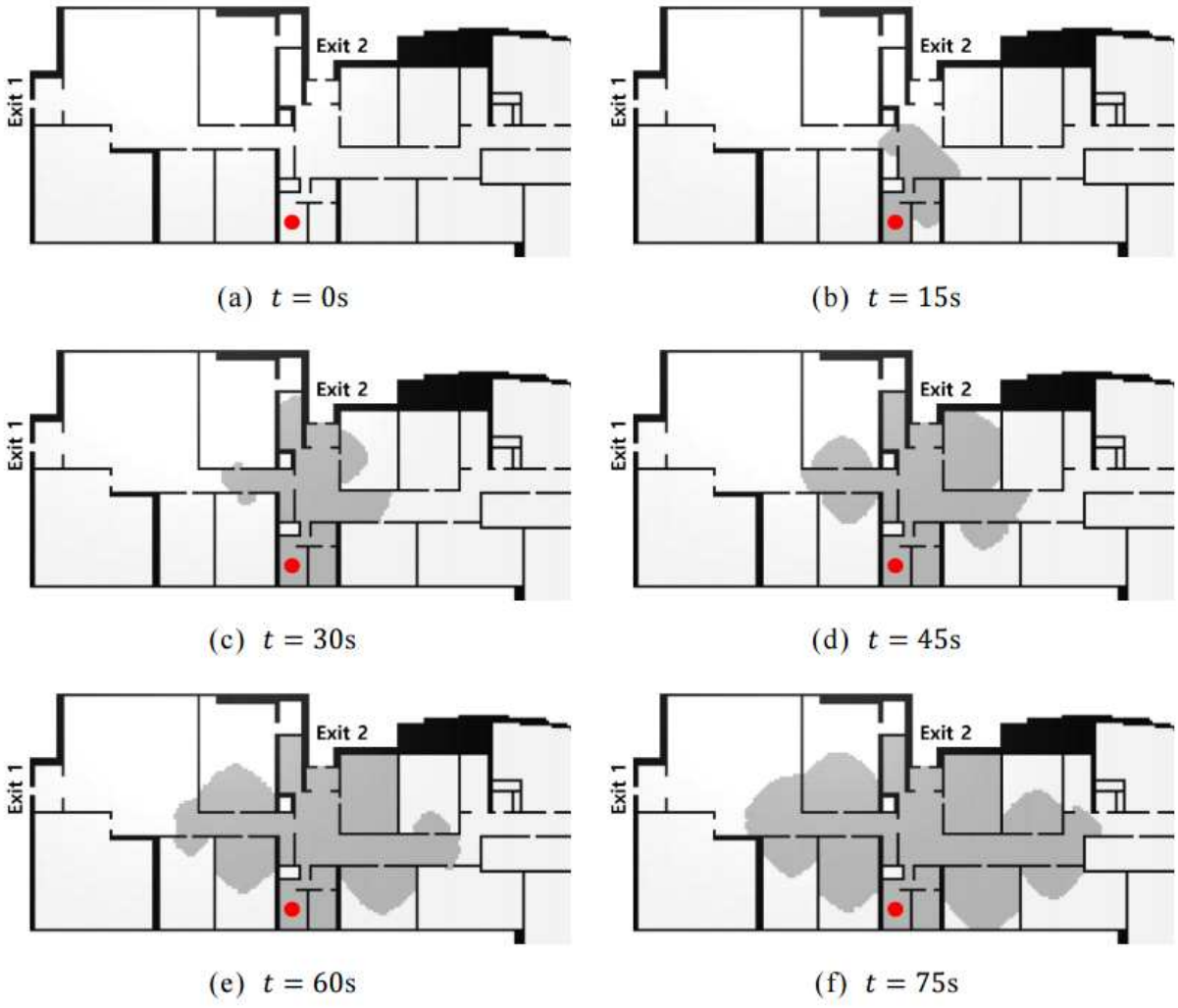
시뮬레이션을 수행하고, 개별 재실자의 대피궤적을 출력함

- 실시간 데이터를 바탕으로 하기 때문에, 사용자가 별도의 파라미터를 입력할 필요가 없음

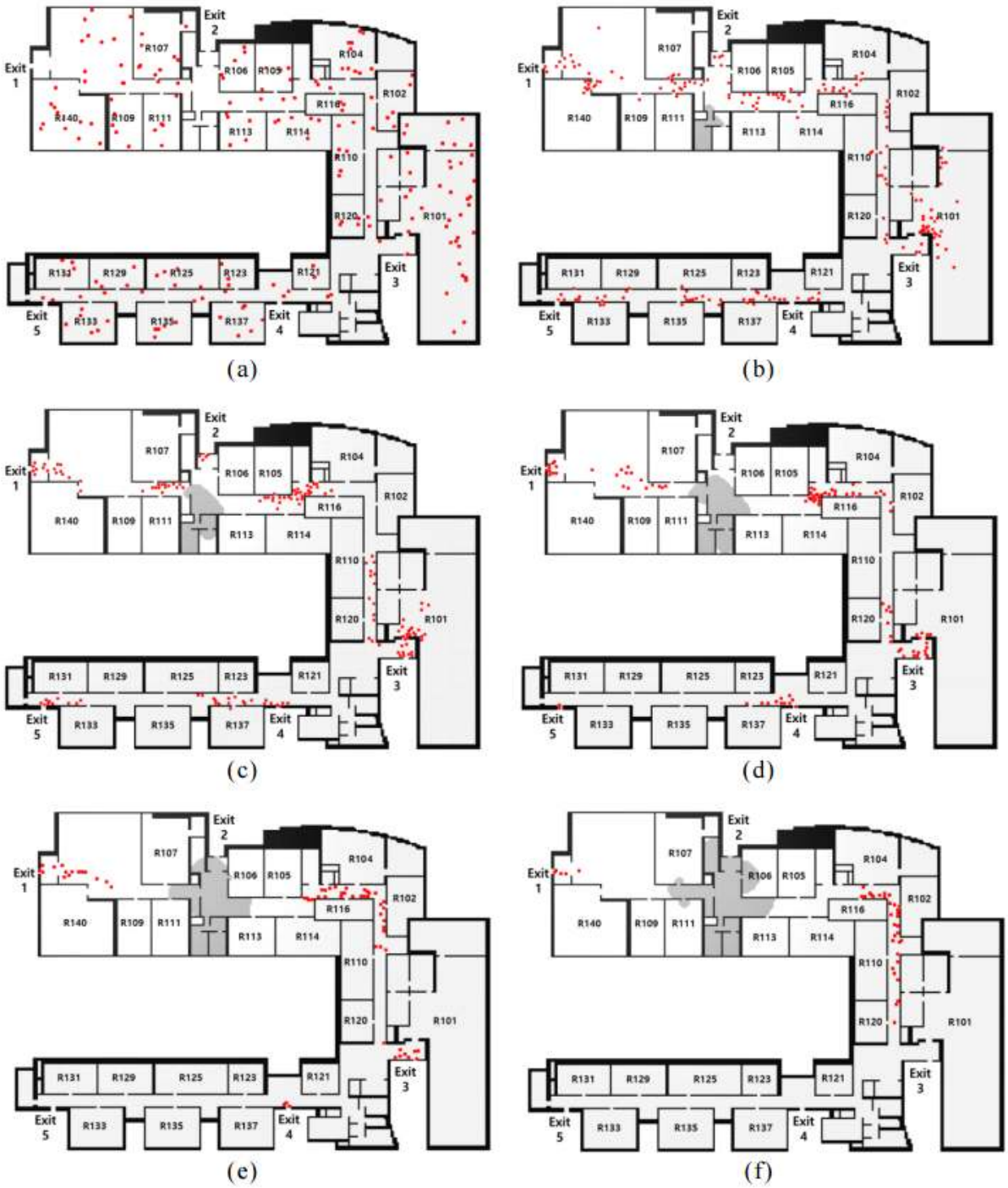
[시뮬레이션 테스트]

○ **대피 시나리오**

- 테스트베드 1층 2번 출입구 인근의 화장실에서 화재가 발생한 케이스를 가정하고, 대피 시뮬레이션을 수행함
- FDS를 통해 화재 확산을 연산하고, 이를 개선된 FFM에 반영하였을 때 연기의 확산은 다음과 같음
- 연기의 농도 및 가시거리 값은 1.8m 높이를 기준으로 하였고, 가시거리의 사망기준은 국내 피난안전성 진단 기준에 따라 5m를 적용함
- 대피인원은 200명으로 설정하였고, 건물 내 랜덤하게 분포한 상황을 가정함



화재 확산 시나리오



화재 확산을 고려한 에이전트 기반 대피 시뮬레이션



화재로 인한 보행자 우회 대피궤적

○ 시뮬레이션 API 호출 결과

{"type":"MovingFeatureCollection","features":
[{"type":"MovingFeature","temporalGeometry":
{"type":"MovingPoint","coordinates":[["188","201","0"],["192","197","0"],
["192","193","0"],["199","188","0"],["199","180","0"],["200","175","0"],
["199","172","0"],["195","170","0"],["192","171","0"],["187","170","0"],
["183","170","0"],["178","169","0"],["176","171","0"],["172","173","0"],
["170","175","0"],["172","179","0"],["169","182","0"],["166","184","0"],
["164","189","0"]],"datetimes":
["00:00:00","00:00:01","00:00:02","00:00:03","00:00:04","00:00:05","00:00:06","
00:00:07","00:00:08","00:00:09","00:00:10","00:00:11","00:00:12","00:00:13","00
:00:14","00:00:15","00:00:16","00:00:17","00:00:18"],"interpolations":
["Linear"]},"properties":{"id":"0"}},

0번 ID 재실자의 대피궤적

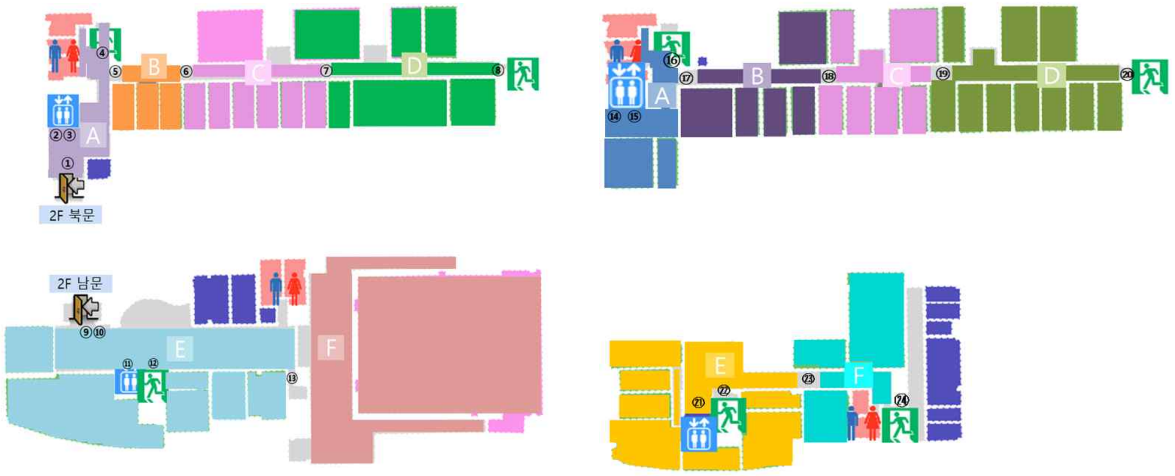
{"type":"MovingFeature","temporalGeometry":{"type":"MovingPoint","coordinates":
[["178","206","0"],["182","204","0"],["186","204","0"],["188","196","0"],
["188","190","0"],["192","184","0"],["199","182","0"],["195","180","0"],
["197","177","0"],["197","175","0"],["198","175","0"],["199","177","0"],
["199","175","0"],["199","172","0"],["197","172","0"],["192","169","0"],
["185","168","0"],["182","169","0"],["179","168","0"],["179","172","0"],
["179","170","0"],["175","172","0"],["171","178","0"],["170","181","0"],
["170","185","0"],["172","187","0"],["170","187","0"],
["167","191","0"]],"datetimes":
["00:00:00","00:00:01","00:00:02","00:00:03","00:00:04","00:00:05","00:00:06","
00:00:07","00:00:08","00:00:09","00:00:10","00:00:11","00:00:12","00:00:13","00
:00:14","00:00:15","00:00:16","00:00:17","00:00:18","00:00:19","00:00:20","00:0
0:21","00:00:22","00:00:23","00:00:24","00:00:25","00:00:26","00:00:27"],"inter
polations":["Linear"]},"properties":{"id":"2"}},

2번 ID 재실자의 대피궤적

[테스트베드 및 센서 데이터베이스]

○ 테스트베드 구획

- 실시간 재실자 분포 모니터링 기법의 연구개발을 위해 서울시립대학교 21세기관을 테스트베드로 선정하여 총 90대의 적외선 및 3D 이미지 기반 인원계수 센서를 설치함
- 설치한 센서의 위치는 인원계수에 오차가 가장 작고 합리적인 공간 구획을 기준으로 하며 공간 구획은 아래 그림과 같음
- 복도를 나누어 각 복도에 속한 방들을 구역화하였으며, 하나의 구역은 다른 구역과 연결된 곳에 센서를 설치하여 구역별 카운트를 통해 실시간 재실자의 현황을 파악할 수 있음
- 복도의 경우 공간이 다른 공간에 비해 넓어 인원이 어떻게 분포되어 있는지 확인하기 어렵기 때문에 3D센서에 영상 장비를 부착하여 인원들의 군집을 확인할 수 있도록 (3D 인원계수 + 영상) 센서의 배치를 적용함



2층 구역화 현황 3층 구역화 현황

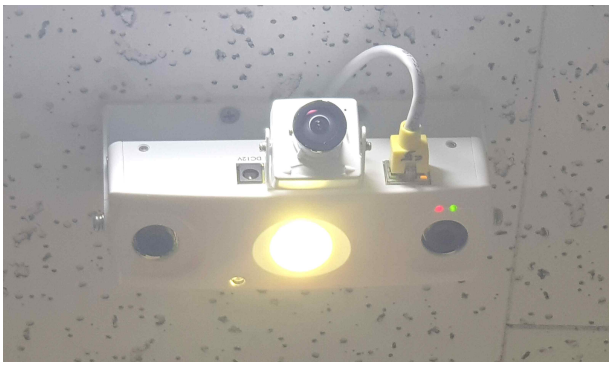
테스트베드(서울시립대학교 21c관) 센서 위치 및 인원계수 공간 구획

○ 3D 센서 기반 모니터링

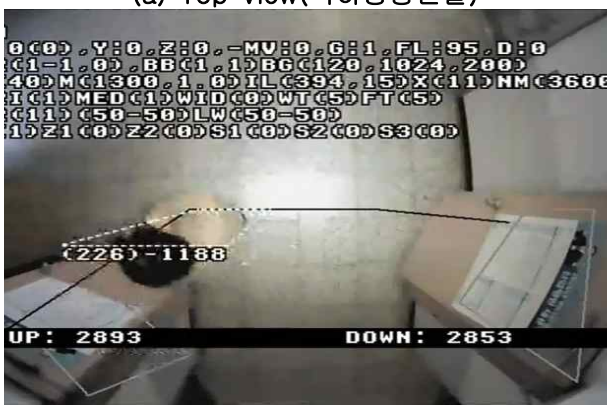
- 보행통로 천장에 Top View(직하방향관찰) 형태로 설치하여 스테레오(Stereo) 기반 Depth 측정을 통해 3차원 공간에서의 객체의 움직임을 탐지하는 방식을 이용함
- 일부 3D 센서에 IP 카메라를 부착하여 Perspective View(경사방향관찰) 영상을 취득하여 피난대피 상황을 모니터링할 수 있음
- 사이즈 : 210*80*21(mm), PoE를 이용한 전원 입력 또는 12V DC, 통신방식 : Ethernet, 감지거리 : 2.4m ~ 2.8m
- 3D 인원계수 센서에 감지된 데이터는 인터넷을 통해 재실자 분포 모니터링 서버에 실시간으로 저장됨



(a) Top View(직하방향관찰)



(b) Perspective View(경사방향관찰)



(c) Top View 촬영 영상

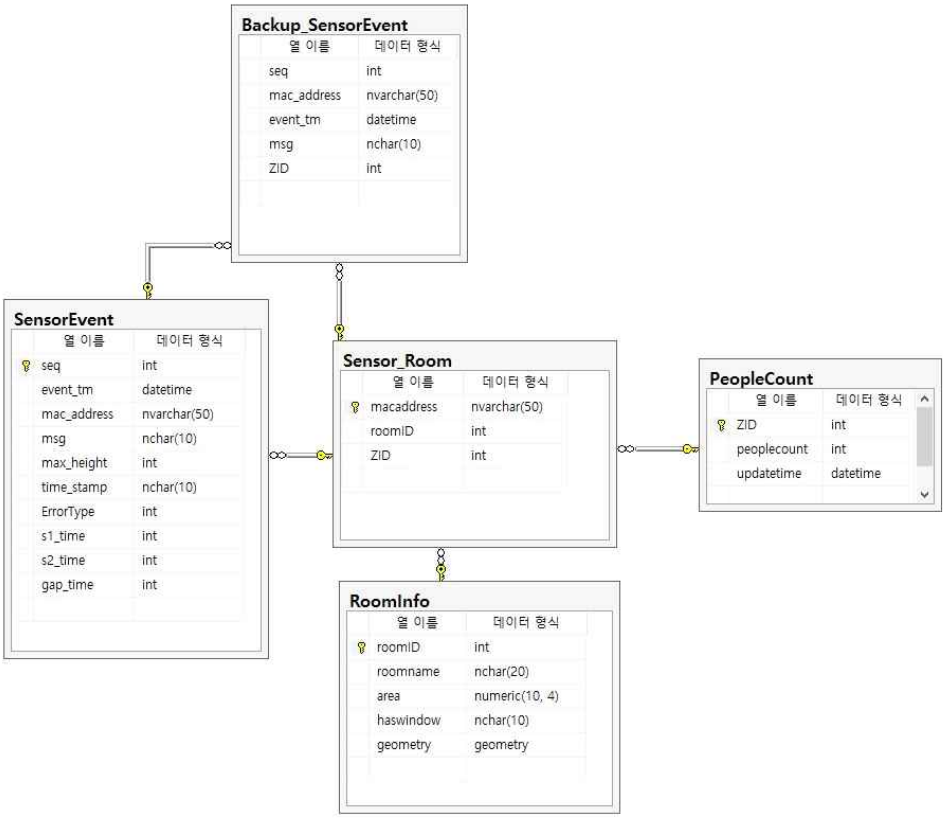


(d) Perspective View 촬영 영상

3D 센서 설치 현황 및 촬영 영상

○ **센서 데이터베이스**

- 센서를 통해 감지되는 인원계수 정보 및 시간 정보는 아래와 같은 형태로 MYSQL DB에 저장됨
- SentorEvent 테이블은 센서가 특정 물체의 움직임을 감지하였을 때의 정보가 저장됨
- event_tm은 센서에 인원 또는 물체가 감지된 시간, mac_address는 각 센서의 고유번호를 의미함
- msg는 물체의 이동방향을 의미하며, B는 공간에서 나가는 방향, F는 공간으로 들어가는 방향, C는 센서가 사람으로 구분하지 않는 경우와 방향 없이 센서에 머무르는 경우에 발생함
- 적외선 센서 및 3D 센서를 통해 실시간으로 아래의 데이터가 생성되며, 이 중 msg가 B 또는 F인 데이터만 추출하여 인원계수에 사용함
- 계단의 경우 1층과 2층이 동일한 계단을 공유하고 있으므로 1층과 2층에서 계단은 동일한 ZID를 가지도록 하였음
- Backup_SensorEvent 테이블은 SensorEvent 테이블에 저장되어 있던 데이터 중 필요한 정보만 따로 추출하여 30일간 보관하는 테이블임
- 해당 테이블을 통해 재실자 분포 패턴 및 시간대별 재실자 수 등의 통계 데이터를 생성할 수 있으며, 집계된 값을 이용하여 통계적인 분석을 진행함



MySQL 기반 모니터링 DB의 테이블 관계

seq	event_tm	mac_address	msg	max_height
19445	2019-11-03 15:35:53.977	0013A200408C4FB8	C	124
19446	2019-11-03 15:35:59.148	0013A200408C4FB8	B	163
19447	2019-11-03 15:50:52.852	0013A200408C4FB8	F	141
19448	2019-11-03 15:55:52.070	0013A20040799493	C	123
19449	2019-11-03 15:55:52.164	0013A20040799492	C	161
19450	2019-11-03 15:56:12.662	0013A200409301FF	B	154
19451	2019-11-03 15:56:35.848	0013A200409301FF	F	160
19452	2019-11-03 15:56:41.223	0013A200409301F6	F	143

SensorEvent 데이터 테이블 구축 예시

macaddress	roomname	ZID	roomID
0013A2004098DED4	room102	15	102
0013A200408C5357	room103	15	103
0013A200409301FF	room104	17	104
0013A200408C542D	room105	19	105
0013A200408C4FB8	room106	21	106
0013A2004086DC67	room107	24	107
0013A2004098DB76	room107	24	107

센서 – 공간 테이블 구축 예시

ZID	peoplecount	updatetime
15	1	2019-11-04 06:50:24
17	6	2019-11-04 14:49:15
19	1	2019-11-04 14:40:23
21	3	2019-11-04 14:31:54
24	2	2019-11-04 06:46:36
18	1	2019-11-04 14:28:19

공간별 인원계수 테이블 구축 예시

- Sensor_Room 테이블은 센서가 설치된 공간이 어디인지 알려주는 테이블로, SensorEvent 테이블의 mac_address로부터 공간ID(ZID)와 방ID(roomID)를 탐색함
- 각 센서는 고유번호(mac_address)를 가지고 있으며, roomID는 RoomInfo 테이블에서 공간 속성을 찾기 위해 사용되며 ZID는 공간별 재실자 분포를 계산하기 위해 사용됨
- RoomInfo 테이블은 방ID(roomID)와 방이름(roomname), 형상정보(geometry) 등으로 구성되어 있으며 해당 방 또는 복도의 속성정보를 저장하고 있음
- PeopleCount 테이블은 SensorEvent에서 관측된 인원계수를 Sensor_Room 테이블을 거쳐 공간ID별 현재 재실자 수와 최종 감지 시간을 저장함
- 해당 테이블이 API를 통해 출력되는 최종 결과물로서, 공간ID별 실시간 재실자의 수를 출력함

[SensorThings API]

○ 정의 및 스펙

- OGC SensorThings API는 웹을 통해 사물 인터넷 장치, 데이터 및 응용 프로그램을 상호 연결하기 위한 개방형 표준 및 공간 기반 프레임워크를 제공함
- SensorThings 에서 정보는 iot로 시작하고 그 뒤에 점(.)이 오는 형태로 표시됨
  (예: “@iot.id”:1)
- 스펙과 필수 포함 정보는 아래 표와 같음
  - properties : 각 엔티티의 property 정보
  - relations : 각 엔티티와 연관 관계가 있는 엔티티의 정보

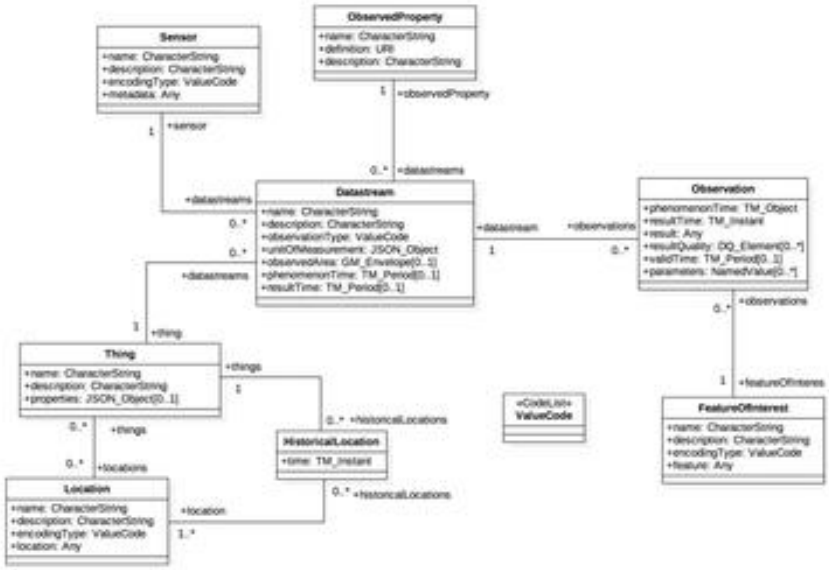
<스펙>

Requirements class id	Requirements	Description
req/thing	• req/thing/properties • req/thing/relations	Thing entity
req/location	• req/location/properties • req/location/relations	Location entity
req/datastream	• req/datastream/properties • req/datastream/relations	Datastream entity
req/sensor	• req/sensor/properties • req/sensor/relations	Sensor Entity
req/observed-property	• req/observed-property/properties • req/observed-property/relations	ObservedProperty entity
req/observation	• req/observation/properties • req/observation/relations	Observation entity
req/feature-of-interest	• req/feature-of-interest/properties • req/feature-of-interest/relations	FeatureOfInterest entity
req/resource-path	• req/resource-path/resource-path-to-entities	Addressing to the entities of the SensorThings API service

<필수 포함 정보>

Annotation	Definition	Multiplicity and Use
id	• 시스템 생성 식별자	One
selfLink	• 고유한 엔티티의 절대 경로 URL	One
navigationLink	• 관련 엔티티의 컨텐츠를 검색하는 상대 또는 절대 경로 URL	One-to-many

○ Sensing Entities



- Thing

<properties>

Name	Definition	Data type	Multiplicity and use
name	• 레이블	CharacterString	One (mandatory)
description	• 설명	CharacterString	One (mandatory)
properties	• 사용자 정의 key-value JSON 객체	JSON Object	Zero-to-one

<relations>

Entity type	Relation	Description
Location	• Many optional to many optional	• 여러 개의 Things는 같은 Location에 있을 수도 있음 • 하나의 Thing은 Location이 없을 수도 있고, 있다면 하나의 Location만 있어야 함 • 예외적으로 하나의 Thing은 다른 encodingTypes을 가질 경우, 하나 이상의 Location을 가질 수 있음 (예: Geometry space, Topological space)
Historical Location	• One mandatory to many optional	
Datastream	• One mandatory to many optional	

- Location

<properties>

Name	Definition	Data type	Multiplicity and use
name	• 레이블	CharacterString	One (mandatory)
description	• 설명	CharacterString	One (mandatory)
encodingType	• 인코딩 유형 • (application/vnd.geo+json)	CharacterString	One (mandatory)
location	• encodingType 으로 정의	encodingType	One (mandatory)

<relations>

Entity type	Relation	Description
Thing	• Many optional to many optional	• 여러 개의 Things가 같은 위치에 있을 수도 있고, 위치가 없을 수도 있음
Historical Location	• Many mandatory to many optional	• Location은 0 또는 다수의 HistoricalLocation 을 가질 수 있고 하나의 HistoricalLocation 에는 하나 이상의 Location이 존재함

- Datastream

<properties>

Name	Definition	Data type	Multiplicity and use
name	• 이 Datastream을 설명하는 라벨 같은 이름	CharacterString	하나(필수)
description	• 구체적인 설명	CharacterString	하나(필수)
unitOf Measurement	• 3개의 key-value 쌍이 있는 JSON 객체. unitOfMeasurement의 이름, 단위, 단위에 관해 설명하는 URI로 구성	JSON Object	하나(필수)
observation Type	• Observation의 타입 • Observation결과를 encoding하기 위해 서비스에서 채택한 것	ValueCode	하나(필수)
observed Area	• 이 Datastream과 관련된 Observation들이 바라보고 있는 모든 FeaturesOfInterest 들을 모두 감싸는 boundingbox	GeoJSON polygon	0..1(선택)
phenomenon Time	• 이 Datastream에 포함된 모든 Observation이 대상으로 삼고 있는 현상의 시간의 간격	TM_Period	0..1(선택)
resultTime	• 이 Datastream에 포함된 모든 Observation의 결과를 얻은 시간의 간격	TM_Period	0..1(선택)

<relations>

Entity type	Relation	Description
Thing	• 하나	• 하나의 Datastream에 하나의 Thing이 존재해야 함
Sensor	• 하나	• 하나의 Datastream에 하나의 Sensor가 존재해야 함. Datastream에 속해 있는 observation들은 하나의 sensor에 의해 생성됨
Observed Property	• 하나	• 하나의 Datastream에 하나의 ObservedProperty가 존재해야 함 • 하나의 Datastream에 속하는 Observation들은 하나의 ObservedProperty를 관찰함
Observation	• 0개부터 n개까지	• 하나의 Datastream에는 여러 Observation이 속할 수 있음

- Sensor

<properties>

Name	Definition	Data type
name	• Sensor를 설명하는 이름	CharacterString
description	• 해당 Sensor에 대한 설명	CharacterString
encodingType	• 메타데이터 속성의 encoding type	ValueCode
metadata	• Sensor나 Sensor가 속해 있는 System에 대한 상세한 설명 • 메타데이터 타입은 encodingType에 의해 결정됨	Any(encodingType의 값에 따라 타입이 결정)

<relations>

Entity type	Relation	Description
Datastream	• 0개부터 n개	• 한 Sensor는 제각기 다른 Datastream을 생산 가능

- Observed-property

<properties>

Name	Definition	Data type	Multiplicity and use
name	• 해당 ObservedProperty에 붙는 라벨	CharacterString	하나(필수)
definition	• ObservedProperty를 위한 URI. 이 URI에 접근하면 해당 ObservedProperty에 대한 정의를 볼 수 있어야 함	URI	하나(필수)
description	• ObservedProperty에 대한 설명	CharacterString	하나(필수)

<relations>

Entity type	Relation	Description
Datastream	• 0개부터 n개	• Datastream에는 하나의 ObservedProperty가 필요

- observation

<properties>

Name	Definition	Data type	Multiplicity and use
phenomenonTime	• Observation이 일어난 시각이나 시간	TM_Object	하나(필수)
result	• Observation에 의해 측정된 ObservedProperty의 값	Any(해당 Observation이 속한 Datastream의 observationType에 의해 결정됨)	하나(필수)
resultTime	• Observation의 결과값이 생성된 시간	TM_Instant(Time string)	하나(필수)
resultQuality	• 결과값의 품질을 서술	DQ_Element	0부터 n
validTime	• 결과값이 쓰이는(유효한) 시간	TM_Period	0부터 1
parameters	• 측정 동안의 환경 변수들을 key-value의 쌍들로 서술	JSON array로, NamedValues	0부터 1

<relations>

Entity type	Relation	Description
Datastream	• 1개, 필수	• Datastream은 Observation의 집합이다. 하나의 Observation은 반드시 하나의 Datastream에서만 일어나야 함
FeatureOf Interest	• 1개, 필수	• 관찰대상이기 때문에 반드시 존재해야 함

- feature-of-interest

<properties>

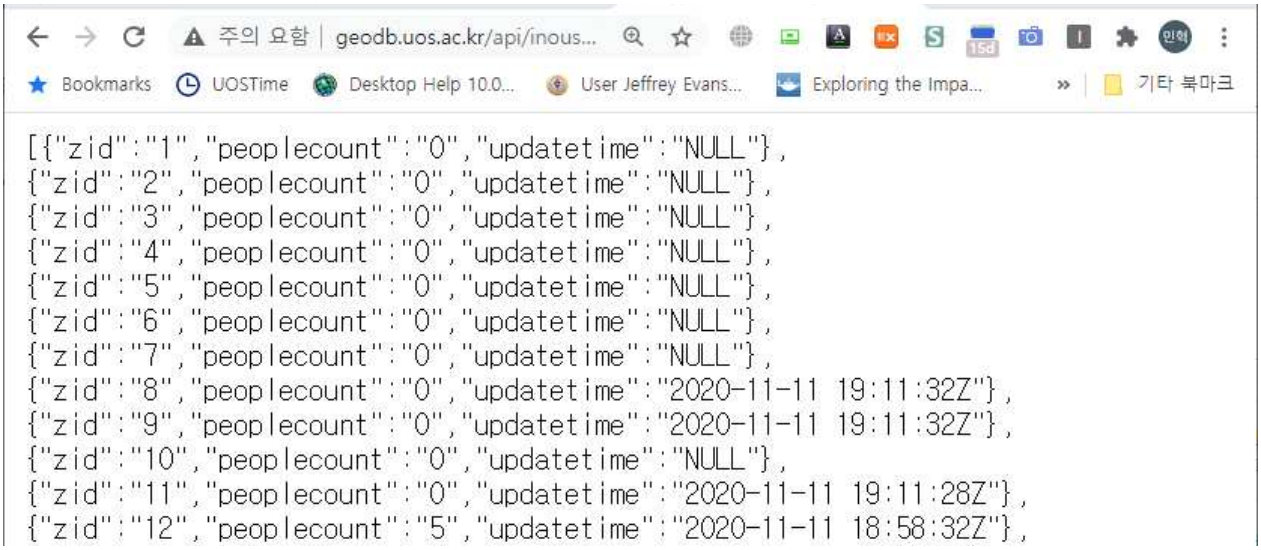
Name	Definition	Data type	Multiplicity and use
name	• FeatureOfInterest에 붙는 라벨	CharacterString	하나(필수)
description	• FeatureOfInterest를 설명	CharacterString	하나(필수)
encodingType	• feature 속성의 encoding type • ValueCode 형식으로 기술	ValueCode	하나(필수)
feature	• feature에 대한 구체적 서술 • 기술 형태는 encodingType에 의해 결정.	Any	하나(필수)

<relations>

Entity type	Relation	Description
Observation	• 0개에서 n개	• 하나의 FeatureOfInterest는 여러 Observation이 존재할 수도 있음

○ **존 단위 인원계수 테이블 호출 API**

- geodb.uos.ac.kr/api/inous/human_count



존 단위 재실자 분포 집계 테이블

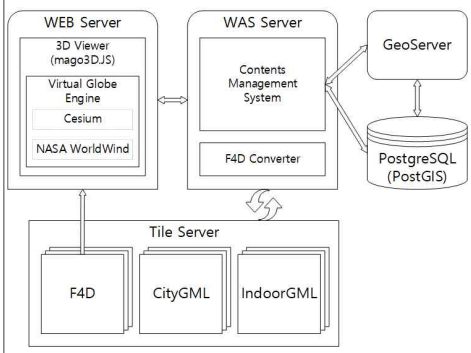


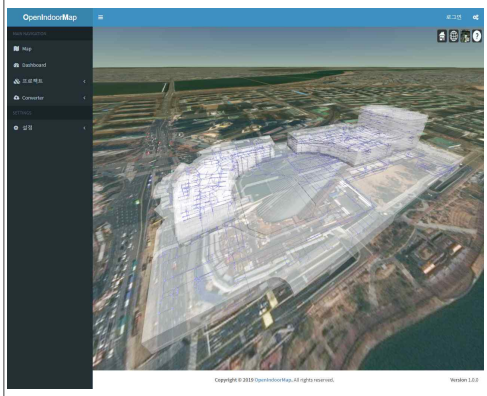
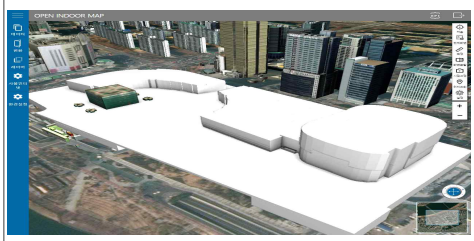
어플리케이션 연동 화면

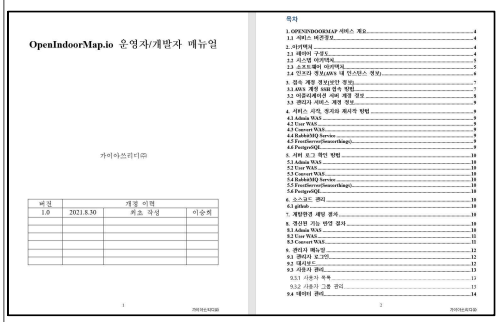
As-is/To-be 대비표

최종 연구목표	As-is	To-be
[3-2 서울시립대학교] [3-6 ㈜피플앤드테크놀러지] 실내 재난대응솔루션 개발	• 가상의 인원분포 시나리오를 바탕으로 대피 시뮬레이션 수행 • 화재 모델과 대피 모델의 통합이 일부 가능하나, 최단거리 등 경로 선택 행동이 제한적 • Stand-alone 타입의 PC용 소프트웨어로만 개발되어 있고, 소스코드가 공개되지 않은 폐쇄적 프로그램 형태로 인해 확장 개발이 불가능	• 세부 구역 단위 인원계수를 기반으로, 실시간 재실자 분포 기반 대피 시뮬레이션 수행 • 화재 인지 시, 안전한 출구로의 우회 행동이 구현되어 보다 현실적인 대피 시뮬레이션 가능 • Server-Client 구조를 기반으로 OGC 표준 포맷으로 데이터를 제공하는 API를 통해, PC, Mobile 등 멀티플랫폼 지원

(타) 3-5 공동 (가이아쓰리디)

연구 범위	연구 수행 방법(이론적·실험적 접근방법)	구체적인 내용
• OpenIndoor Map • 조사 및 설계	• OpenStreetMap의 시스템 운영 현황 조사 • OpenStreetMap의 시스템 구조 및 기능적 설계	• OpenStreetMap의 시스템 운영 현황에 대한 조사 • OpenStreetMap 및 OpenLevelUp 기반 실내공간 운영 현황조사 • OpenIndoorMap의 시스템 구조 설계 • OpenIndoorMap의 기능적 설계 • 시제품 개발  그림 749 OpenIndoorMap 시제품
• OpenIndoorMap 서버 개발 및 시범 구축	• OIM(OpenIndoorMap) 서버의 구축(시스템) • CityGML, IndoorGML -> F4D 변환기능 개발(SW) • 클라이언트 가시화 기능 • IndoorGML의 Network Path를 이용한 Browsing 지원도구 개발 (SW) • OIM 시범 서비스 시작: 시범 실내공간지도를 확보(Prototype)	 그림 750 OpenIndoorMap 시스템 구성도 • 실내공간에 대한 적절한 Browsing • 미리 정의된 Path를 따라 사용자의 시각이 움직일 수 있는 기능 • 시범 실내공간지도를 확보 • 배경지도는 OpenStreetMap을 WMS 로 이용 • 확보된 자료로부터 OpenIndoorMap 시범서비스 시작
• OpenIndoorMap 서비스 공개	• 타 세부 생성 자료 기반 서비스 시작(시스템)	• 시범서비스에서 자료 공유를 위한 복잡한 절차 개선(5단계->3단계) • 범용적인 변환 룰셋 제공(기본, 큰 건물, 초대형 건물) • 자료 변환 절차 자동화 • 자료 변환 품질 개선 • 1세부/2세부 결과물을 반영하여 서비스 개선 • 다양한 예외처리/오류 처리/기능 개선을 통한 경험 축적

	• 실증 사이트를 중심으로 서비스 지역 확대(시스템)	• 실증 사이트를 중심으로 서비스 지역 확대 • 구축되는 다양한 실내공간데이터를 OpenIndoorMap에 수시로 반영 • OpenIndoorMap시범 서비스의 개선  그림 751 OpenIndoorMap 시범 서비스
• OpenIndoorMap 서버의 개선 및 Open API 서비스 탑재	• OpenIndoorMap 서비스 개선(시스템) • OpenIndoorMap Open API 구현	 그림 752 OpenIndoorMap 개선(UI 및 기능) • 자료 공유 절차 개선을 통한 변환 단계 최소화 및 편의성 증대 • 데이터의 위치정보 추출 및 origin 반영 • 자료 변환 절차 자동화 • 자료 변환 품질 개선 • 관리자 서비스 연동 • OpenIndoorMap 공개 서비스 운영 및 관리 • 실내공간정보 제공을 위한 Open API 설계 및 구현 • OpenAPI 문서화 • Server Side OpenAPI 5종, Client Side OpenAPI 20종 구현 • OpenAPI의 기능 동작에 관해 TTA 검증
• OpenIndoorMap의 지속적 서비스를 위한 기반구축	• 서비스 통계 기능 추가(시스템)	• 대시보드 개선과 서비스 통계기능 추가

	• 지속적 운영을 위한 시스템 설계/운영 등의 정보를 포함한 제품화(운영자/개발자 매뉴얼)	 그림 753 대시보드 • 사용자 정보 수집을 최대한 배재하기 위해 관리자 계정 로그인만 남기고 일반적으로 구글이메일로 소셜로그인을 할 수 있도록 구성. • 전세계 서비스를 위해 영문 서비스 개발 • 상용서비스를 대비한 서비스 라이선스 작성 및 공개 • 지속적 운영을 위한 운영자/개발자 매뉴얼 작성  그림 754 OpenIndoorMap 서비스 운영자/개발자 매뉴얼 • 전세계 서비스를 위해 영문사이트 오픈

[OpenAPI]

- Server Side OpenAPI 5종

번호	API 명	기능 설명	요청 결과
1	데이터 목록 조회	서비스의 모든 데이터를 조회	데이터 정보(JSON)
2	단일 데이터 조회	데이터 1건 조회	데이터 정보(JSON)
3	데이터 그룹 목록 조회	서비스의 모든 데이터 그룹를 조회	데이터 그룹 정보(JSON)
4	단일 데이터 그룹 조회	데이터 그룹 1건 조회	데이터 그룹 정보(JSON)
5	부모 데이터 그룹 목록	부모에 해당하는 데이터 그룹 조회	데이터 그룹 정보(JSON)

- Client Side OpenAPI 20종 구현

번호	API 명	기능 설명	요청 결과
1	changeMagoStateAPI	mago3D 활성화 상태 변경	표시/비표시
2	changeLabelAPI	3차원 객체의 라벨 표시 여부	표시/비표시
3	changeOriginAPI	3차원 객체의 Origin 표시 여부	표시/비표시
4	changeBoundingBoxAPI	3차원 객체의 경계상자 표시 여부	표시/비표시
5	changeShadowAPI	그림자 표시 여부	표시/비표시
6	changeColorAPI	데이터나 데이터 객체의 색상 변경	색상 변경

번호	API 명	기능 설명	요청 결과
7	changeLocationAndRotationAPI	위치정보와 회전 정보로 블록을 변환	블록 이동 및 회전
8	deleteAllChangeColorAPI	변경한 색상 이력을 전체 삭제	기존 색상 복구
9	changeFPVModeAPI	카메라를 1인칭, 3인칭 모드로 변경	카메라 인칭 변경
10	clearAllDataAPI	화면에 있는 모든 데이터를 삭제	데이터 비표시
11	gotoProjectAPI	해당 프로젝트를 로딩하고 그 프로젝트로 이동	위치 이동
12	searchDataAPI	지도 상의 데이터를 찾아 이동	위치 이동
13	isDataExistAPI	데이터의 존재 여부를 판별	참/거짓
14	getDataAPI	데이터 정보를 json 형태로 불러오기	JSON
15	getDataInfoByDataKeyAPI	데이터의 위치정보, 회전정보를 취득	JSON
16	gotoFlyAPI	해당 지점으로 카메라가 이동	카메라 위치 이동
17	getCameraCurrentPositionAPI	현재 카메라의 위치정보 획득	카메라 위치 정보
18	getCameraCurrentOrientaionAPI	현재 카메라의 회전정보 획득	카메라 회전 정보
19	changeCameraOrientationAPI	카메라의 회전정보 변경	카메라 회전
20	togglePointCloudColorAPI	포인트 클라우드 색상 모드를 토글 방식으로 변경	색상모드 변경

[서울 시립대 재실자 정보 가시화 서비스 연계]

- 스마트시티의 활용 기반이 되는 국제표준포맷(CityGML, IndoorGML)을 기반으로 디지털트윈 기본데이터를 구축하고, IoT 센서로부터 국제표준포맷(SensorThings API)을 기반으로 실내 재실자 실시간 감지 등의 공간정보 인프라 기반을 마련
- 실외/실내 공간정보와 SensorThings 와의 통합 핵심 개념은 다음과 같음
  - CityGML : 실외 3D 도시 모델
  - IndoorGML : 실내 3D 모델
  - SensorThings API : 공간정보-사물인터넷(Geo-IoT)
- 실시간 실내 재실자 모니터링을 위한 전체적인 구조를 살펴보면 다음과 같음

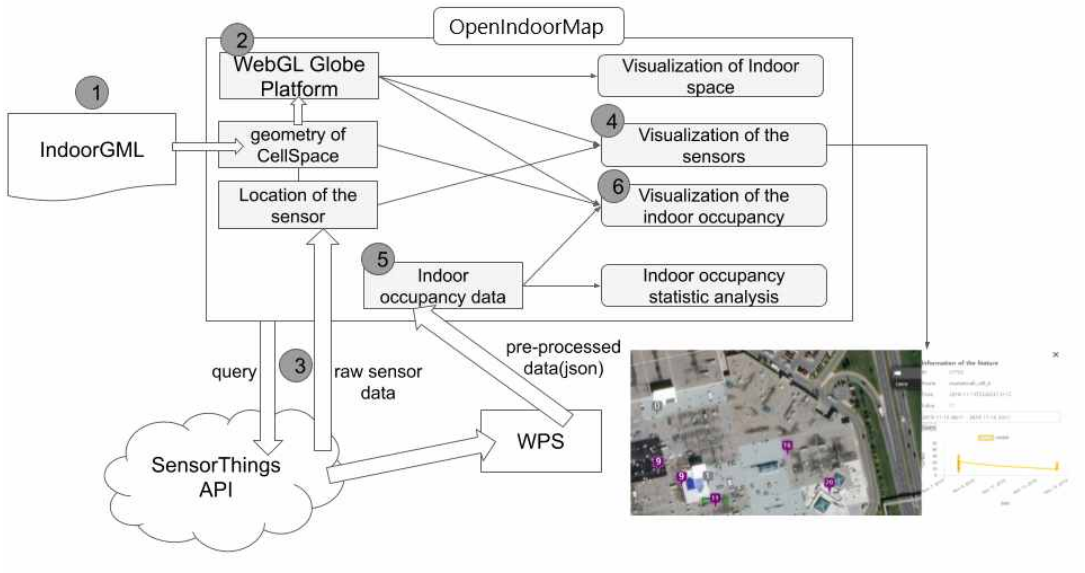


그림 755. Workflow of GML and Sensor data, Indoor occupancy.

- 재실자 데이터는 10초당 SensorThings 서버로 업데이트되도록 구성



그림 756 서울 시립대 재실자 정보(ROOM14의 시간대별 혼잡도를 시계열로 표현)

[대시보드]

관리자 URL로 로그인 시 대시보드가 나타나며 오늘의 데이터 변환 현황 정보가 윗줄에 표시됨
아래 차트는 사용자현황, 데이터 타입별 현황, 일주일간 데이터 변환 현황, 데이터 위치정보 변경 요청 목록, 6개월 간 데이터 업로드 현황 통계, 현재 Storage 리소스 현황을 한눈에 보고 파악 할 수 있도록 구성
+ 버튼을 누르면 자세한 목록 화면으로 이동함



그림 757 대시보드

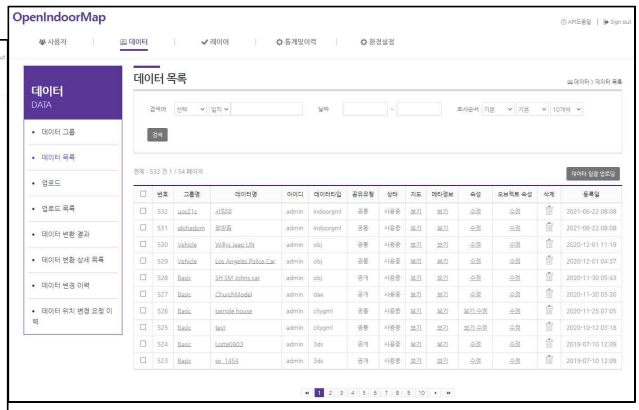


그림 758 + 버튼 눌렀을 때 데이터 타입별 현황 상세보기

[통계 및 이력]

2019년에 시범으로 오픈인도어맵 서비스를 런칭했기 때문에 2019년부터 통계가 존재함

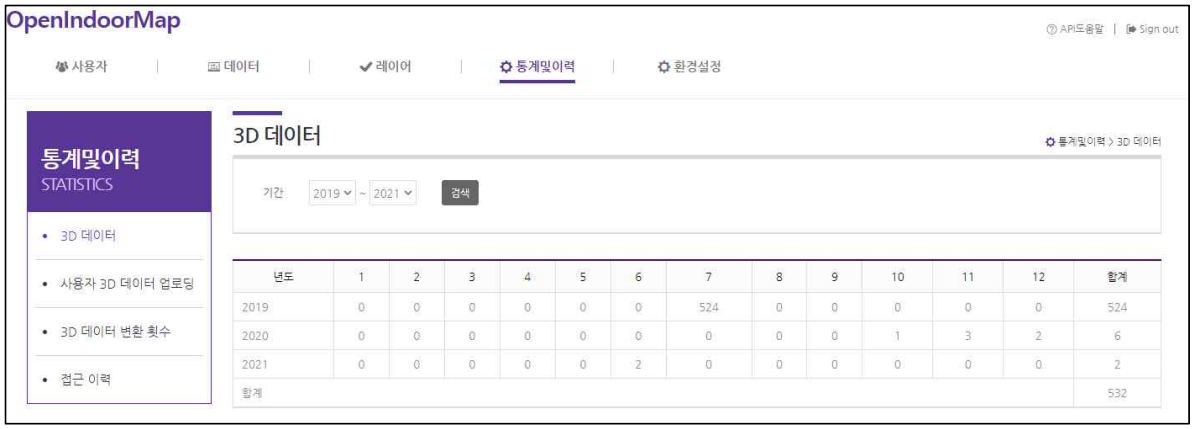


그림 759 3D 데이터 연도별, 월별 통계 조회



그림 760 사용자 3D 데이터 업로딩 연도별, 월별 통계 조회(관리자가 업로딩 한 회수 제외)

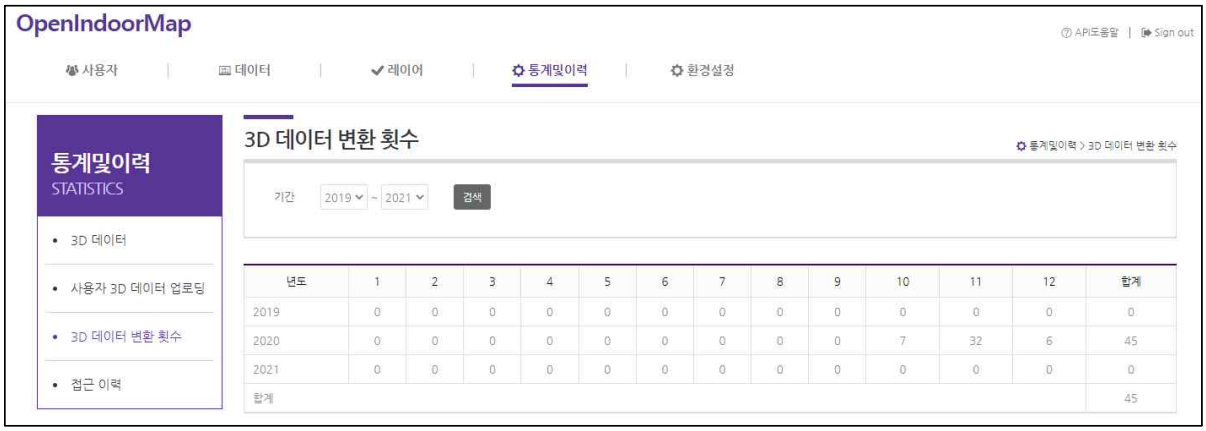


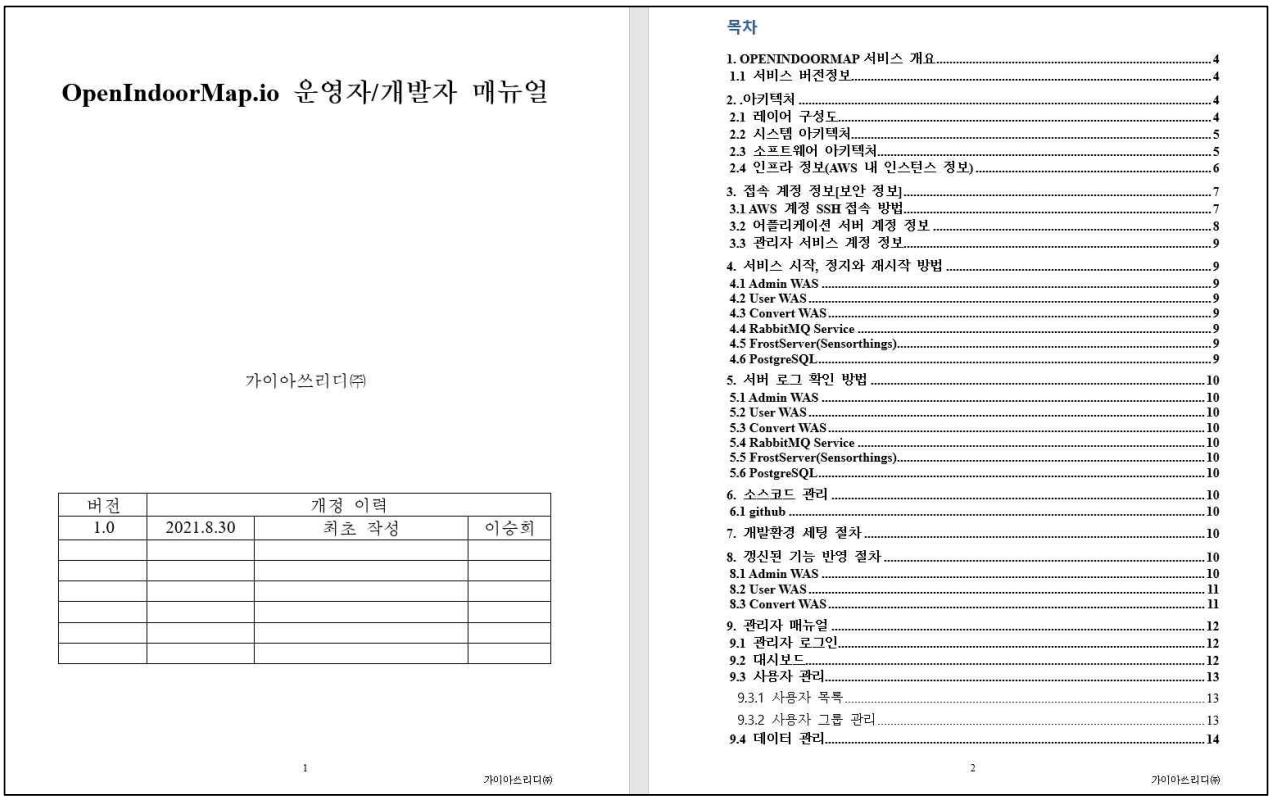
그림 761 3D 데이터 변환 횟수의 연도별, 월별 통계 조회



그림 762 OpenIndoorMap 서비스 접근 이력의 연도별, 월별 통계 조회

2020년 10월부터 시범서비스로 사이트를 운영하여 이 보고서를 작성하는 9월까지만 접근이력이 존재하는 것을 확인 할 수 있음

[지속적 운영 관리를 위한 운영자/개발자 매뉴얼]
지속적 운영 및 개발을 위한 인프라, 서버 계정 정보 등을 작성하였고 소스코드의 위치와 build하여 운영에 반영하는 방법 등 기술적인 사항을 기술함. 서비스 시스템 보안을 위해 원본 문서는 암호를 걸어 보호함
OpenIndoorMap 의 상용서비스를 위해 라이선스 문서를 작성하고, 서비스 로그인 페이지와 운영자/개발자 매뉴얼에 추가함.



OpenIndoorMap.io 운영자/개발자 매뉴얼

가이아쓰리디㈜

버전	개정 이력		
1.0	2021.8.30	최초 작성	이승희

1

가이아쓰리디㈜

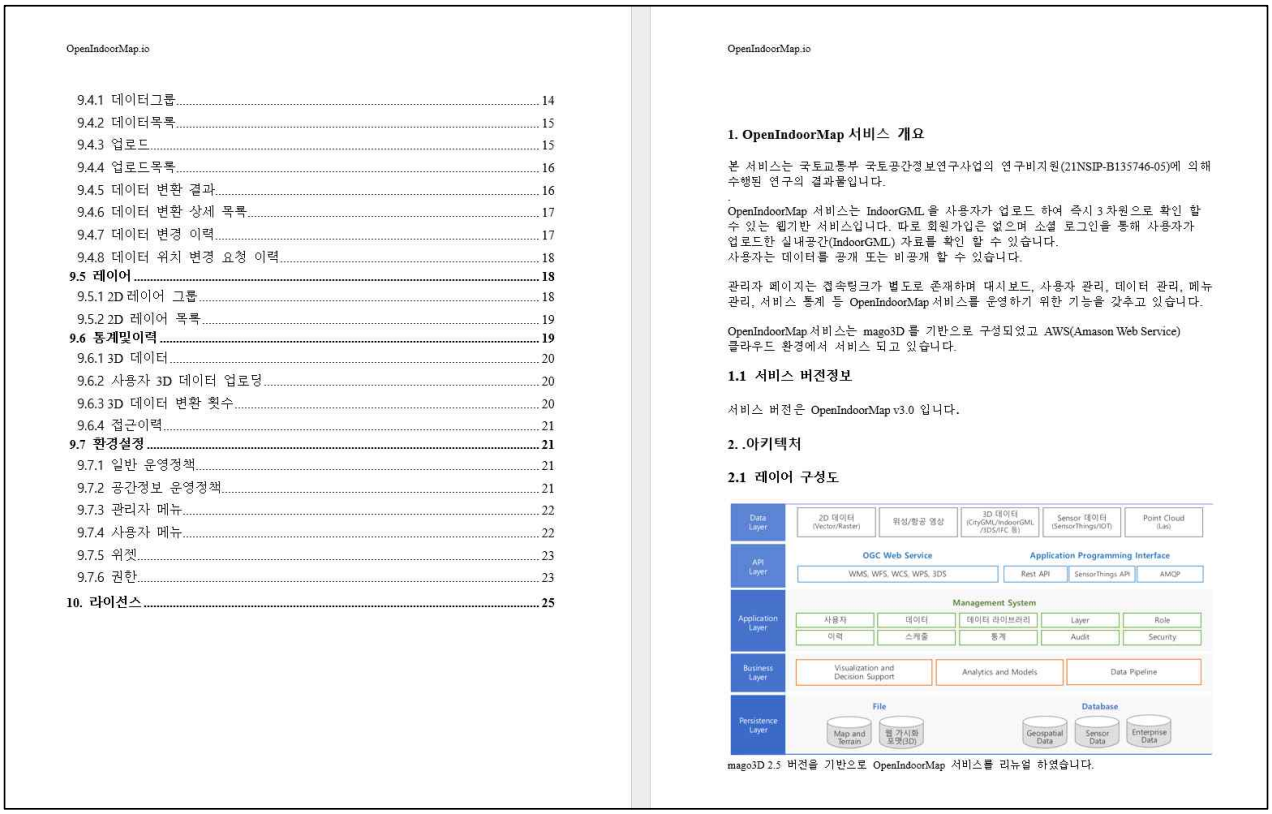
목차

1. OPENINDOORMAP 서비스 개요 4
1.1 서비스 버전정보 4
2. .아키텍처 4
2.1 레이어 구성도 4
2.2 시스템 아키텍처 5
2.3 소프트웨어 아키텍처 5
2.4 인프라 정보(AWS 내 인스턴스 정보) 6
3. 접속 계정 정보[보안 정보] 7
3.1 AWS 계정 SSH 접속 방법 7
3.2 어플리케이션 서버 계정 정보 8
3.3 관리자 서비스 계정 정보 9
4. 서비스 시작, 정지와 재시작 방법 9
4.1 Admin WAS 9
4.2 User WAS 9
4.3 Convert WAS 9
4.4 RabbitMQ Service 9
4.5 FrostServer(Sensorthings) 9
4.6 PostgreSQL 9
5. 서버 로그 확인 방법 10
5.1 Admin WAS 10
5.2 User WAS 10
5.3 Convert WAS 10
5.4 RabbitMQ Service 10
5.5 FrostServer(Sensorthings) 10
5.6 PostgreSQL 10
6. 소스코드 관리 10
6.1 github 10
7. 개발환경 세팅 절차 10
8. 갱신된 기능 반영 절차 10
8.1 Admin WAS 10
8.2 User WAS 11
8.3 Convert WAS 11
9. 관리자 매뉴얼 12
9.1 관리자 로그인 12
9.2 대시보드 12
9.3 사용자 관리 13
9.3.1 사용자 목록 13
9.3.2 사용자 그룹 관리 13
9.4 데이터 관리 14

2

가이아쓰리디㈜

그림 763 OpenIndoorMap 운영자/개발자 매뉴얼 목차



9.4.1 데이터그룹 14
9.4.2 데이터목록 15
9.4.3 업로드 15
9.4.4 업로드목록 16
9.4.5 데이터 변환 결과 16
9.4.6 데이터 변환 상세 목록 17
9.4.7 데이터 변경 이력 17
9.4.8 데이터 위치 변경 요청 이력 18
9.5 레이어 18
9.5.1 2D 레이어 그룹 18
9.5.2 2D 레이어 목록 19
9.6 통계및이력 19
9.6.1 3D 데이터 20
9.6.2 사용자 3D 데이터 업로딩 20
9.6.3 3D 데이터 변환 횟수 20
9.6.4 접근이력 21
9.7 환경설정 21
9.7.1 일반 운영정책 21
9.7.2 공간정보 운영정책 21
9.7.3 관리자 메뉴 22
9.7.4 사용자 메뉴 22
9.7.5 위젯 23
9.7.6 권한 23
10. 라이선스 25

1. OpenIndoorMap 서비스 개요

본 서비스는 국토교통부 국토공간정보연구사업의 연구비지원(21NSIP-B135746-05)에 의해 수행된 연구의 결과물입니다.

OpenIndoorMap 서비스는 IndoorGML 을 사용자가 업로드 하여 즉시 3 차원으로 확인 할 수 있는 웹기반 서비스입니다. 따로 회원가입은 없으며 소셜 로그인을 통해 사용자가 업로드한 실내공간(IndoorGML) 자료를 확인 할 수 있습니다.
사용자는 데이터를 공개 또는 비공개 할 수 있습니다.

관리자 페이지는 접속링크가 별도로 존재하며 대시보드, 사용자 관리, 데이터 관리, 메뉴 관리, 서비스 통계 등 OpenIndoorMap 서비스를 운영하기 위한 기능을 갖추고 있습니다.

OpenIndoorMap 서비스는 mago3D 를 기반으로 구성되었고 AWS(Amason Web Service) 클라우드 환경에서 서비스 되고 있습니다.

1.1 서비스 버전정보

서비스 버전은 OpenIndoorMap v3.0 입니다.

2. .아키텍처

2.1 레이어 구성도

mago3D 2.5 버전을 기반으로 OpenIndoorMap 서비스를 리뉴얼 하였습니다.

그림 764 OpenIndoorMap 운영자/개발자 매뉴얼- 서비스 개요

전세계 서비스를 위해 영문 서비스 오픈

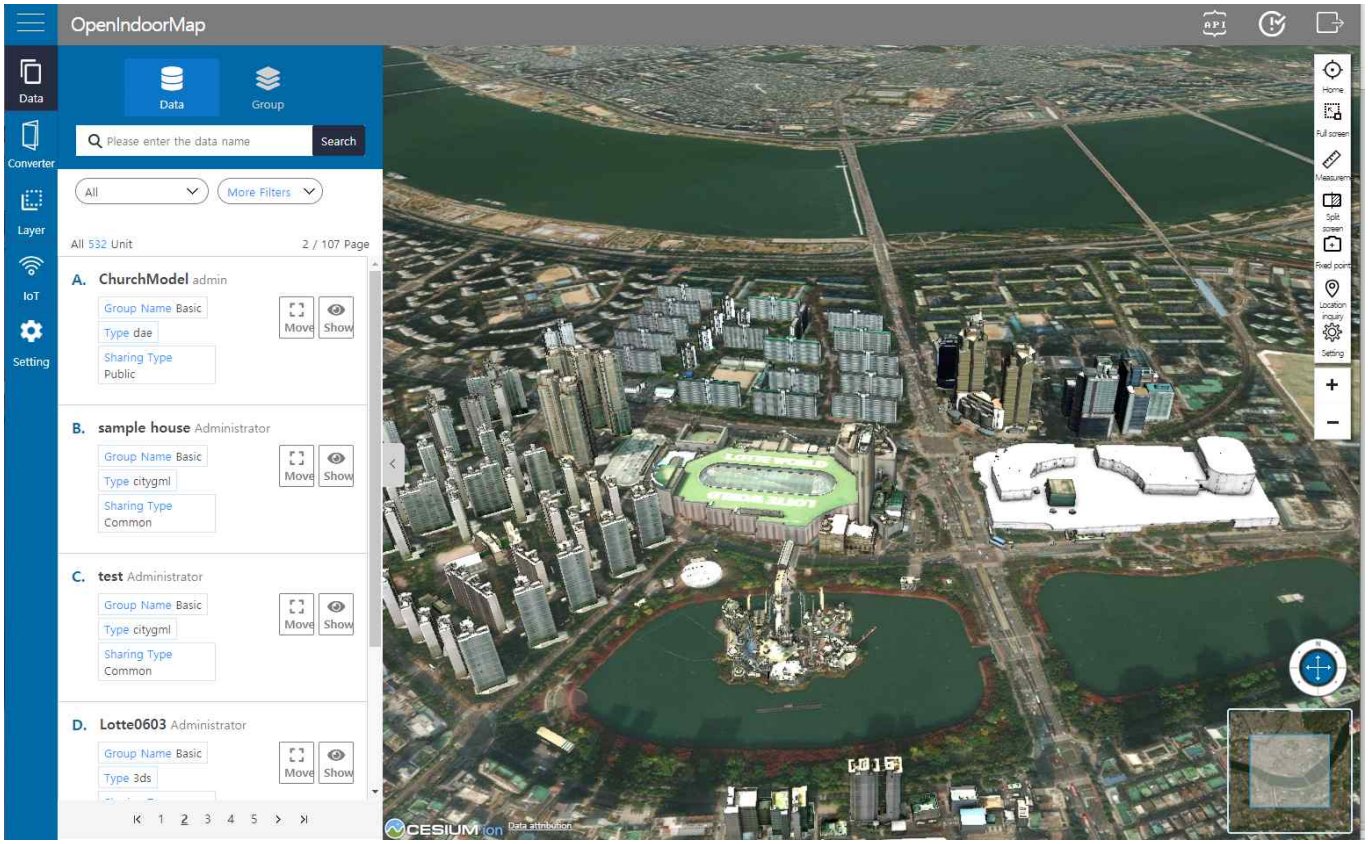


그림 765 OpenIndoorMap 영문 서비스

(파) 3-6 공동 (피플앤드테크놀러지)

연구 범위	연구 수행 방법(이론적・실험적 접근방법)	구체적인 내용
• 재난대응 솔루션 고도화 및 멀티플랫폼 확장	• 센서 네트워크 연동 테스트 및 재실자 모니터링 정확도 개선 • 화재대피 시뮬레이션 테스트를 통한 재난대응 솔루션 고도화 • 모바일, 태블릿, PC 버전 등 멀티 플랫폼 확장	• 시립대의 재실자 센서측정 데이터와 연동 테스트를 진행하여 재실자 모니터링의 정확도 개선 - 재실인원의 구역별 인원계수 - 모니터링 - 시뮬레이션 서버 I/F • 열,연기 확산 및 대피 시뮬레이션 고도화 - 열,연기 확산정보 수신 - 수신정보를 기반한 확산 가시화 • 소방구조 활동 지원용 APP 초기 버전 개발 - 모바일, 테블릿 버전 추가 - 저사양 단말 최적화 모델링
• 테스트베드 실증 실험 결과를 반영한 요소기술 개선 및 구조활동지원 모바일 솔루션 고도화	• 요소기술 개선 • 소방구조 활동지원 모바일 APP 개선 • 사업화 방안 검토	• 테스트 베드 데이터 추가 구축 - 테스트베드(시립대) 모델링 추가 - 시립대 21C관 총 7개층 적용 • UI 개선 - 소방범례 정보의 On/Off 기능 - 선택적인 객체 가시화 • 화재시뮬레이션 목록관리 - 실행된 화재시뮬레이션 목록화 - 기록된 정보바탕 재 시뮬레이션 • 화재시뮬레이션 설정값 변경을 통해 다양한 상황을 설정할 수 있도록 함 - 발화위치 - 발열량 - 공간친숙도 - 주변 보행자 의존도 - UI를 통해 설정된 값에 의한 시뮬레이터 데이터 수신/적용

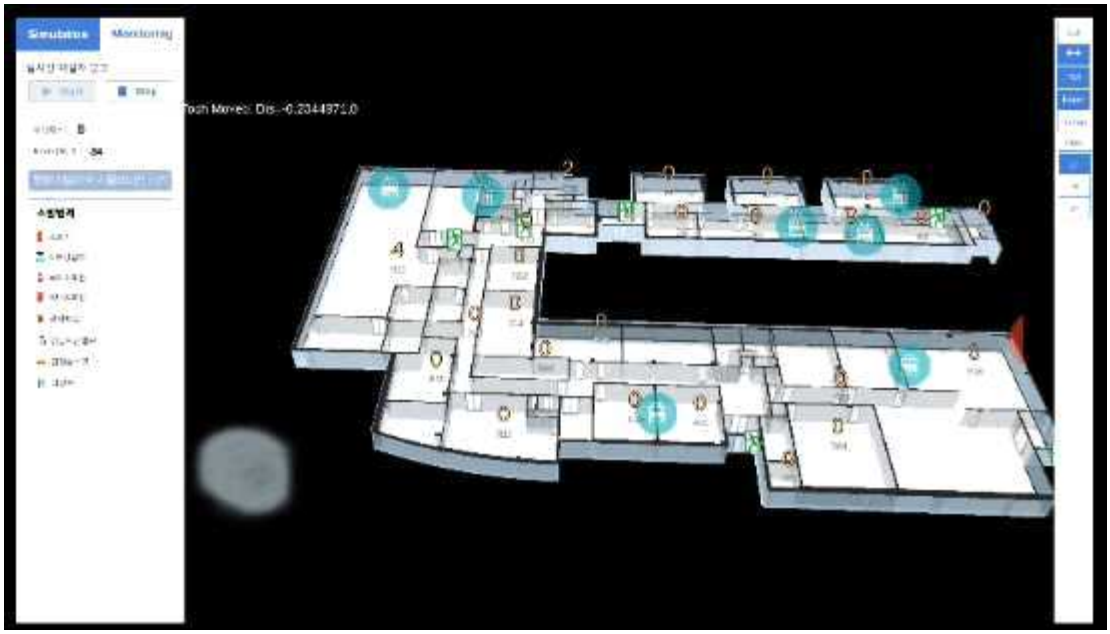
1. 시뮬레이션 서버 연동을 통한 재실자 정보 획득

- 시립대 시뮬레이션 서버의 API를 이용하여 실시간 재실자 인원을 연동
- 재실자의 위치를 기반으로 시뮬레이션 진행

[재실인원 연동]

[{"zid":"1","peoplecount":"0","updatetime":"NULL"},
{"zid":"2","peoplecount":"0","updatetime":"NULL"},
{"zid":"3","peoplecount":"0","updatetime":"NULL"},
{"zid":"4","peoplecount":"0","updatetime":"NULL"},
{"zid":"5","peoplecount":"0","updatetime":"NULL"},
{"zid":"6","peoplecount":"0","updatetime":"NULL"},
{"zid":"7","peoplecount":"0","updatetime":"NULL"},
{"zid":"8","peoplecount":"0","updatetime":"2020-08-31 11:50:42Z"},
{"zid":"9","peoplecount":"0","updatetime":"2020-08-31 11:50:55Z"},
{"zid":"10","peoplecount":"0","updatetime":"NULL"},
{"zid":"11","peoplecount":"0","updatetime":"2020-08-31 11:56:36Z"},
{"zid":"12","peoplecount":"4","updatetime":"2020-08-31 11:51:58Z"},
{"zid":"13","peoplecount":"0","updatetime":"NULL"},
{"zid":"14","peoplecount":"0","updatetime":"NULL"},
{"zid":"15","peoplecount":"0","updatetime":"NULL"},
{"zid":"16","peoplecount":"0","updatetime":"NULL"},
{"zid":"17","peoplecount":"0","updatetime":"NULL"},
{"zid":"18","peoplecount":"0","updatetime":"NULL"},
{"zid":"19","peoplecount":"0","updatetime":"NULL"},
{"zid":"21","peoplecount":"0","updatetime":"NULL"},
{"zid":"22","peoplecount":"0","updatetime":"NULL"},
{"zid":"23","peoplecount":"0","updatetime":"NULL"},
{"zid":"24","peoplecount":"0","updatetime":"NULL"},
{"zid":"28","peoplecount":"0","updatetime":"NULL"},
{"zid":"29","peoplecount":"2","updatetime":"2020-08-31 11:44:54Z"},
{"zid":"30","peoplecount":"0","updatetime":"2020-08-31 11:49:51Z"},
{"zid":"31","peoplecount":"0","updatetime":"NULL"},
{"zid":"32","peoplecount":"0","updatetime":"NULL"},
{"zid":"33","peoplecount":"0","updatetime":"NULL"}]

** API 연동을 통한 실시간 재실인원 데이터 획득 **

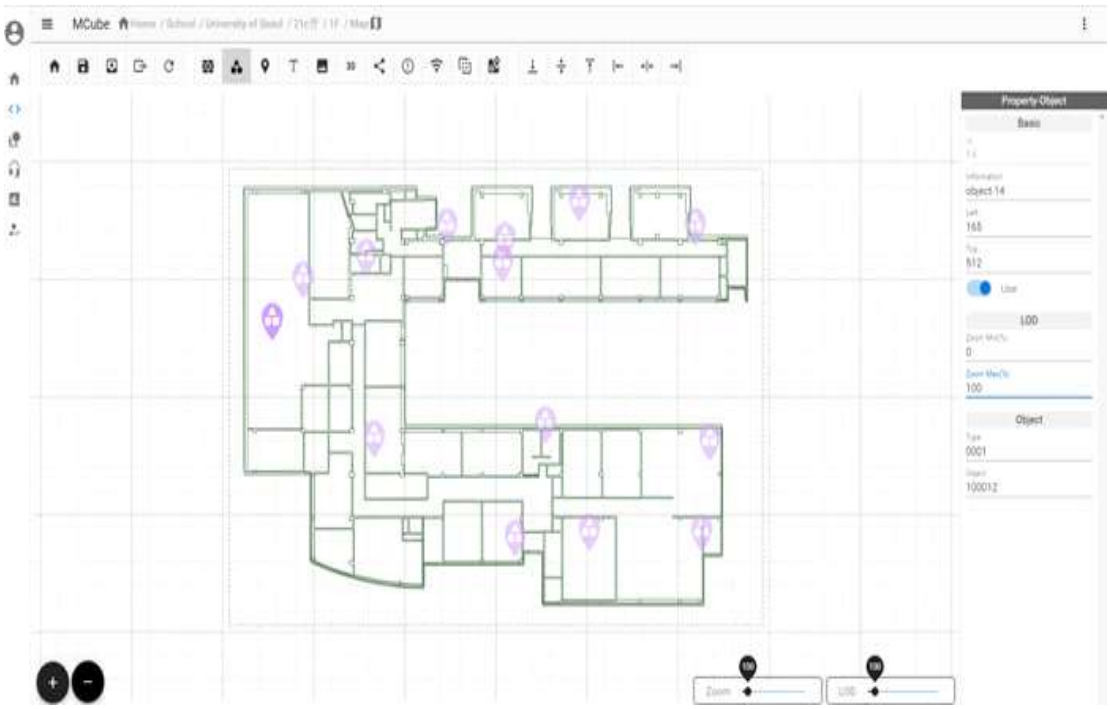


** 실시간 재실자 인원 모니터링 **

2. 재난대응 구조시스템 PC버전 고도화

: 각 건물의 특징을 기록하여 재난 구조활동에 활용할 수 있도록 데이터 구성

* 소방관련 구조물 관리
  - 소화전, 소화기, 스프링클러, 등 등록관리
  - 내력벽과 비 내력벽의 편집



** 시설물 등록/편집 관리 **



** 시설물 가시화 **



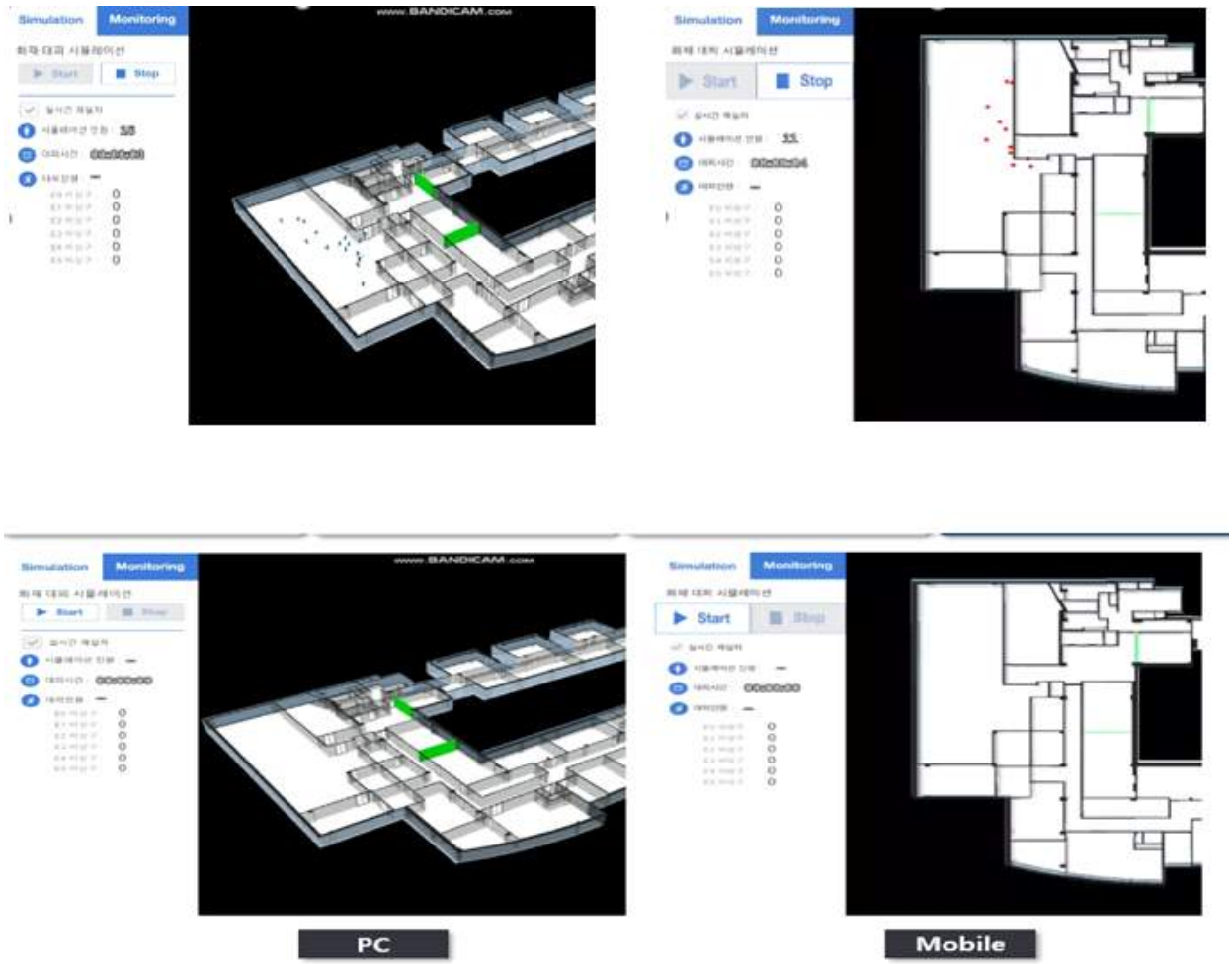
** 비 내력벽 가시화 **

3. 재난대응 구조시스템 모바일 앱 개발

: 재난 현장에서 즉시 사용 가능하도록 현장용 모바일 앱 시제품 개발

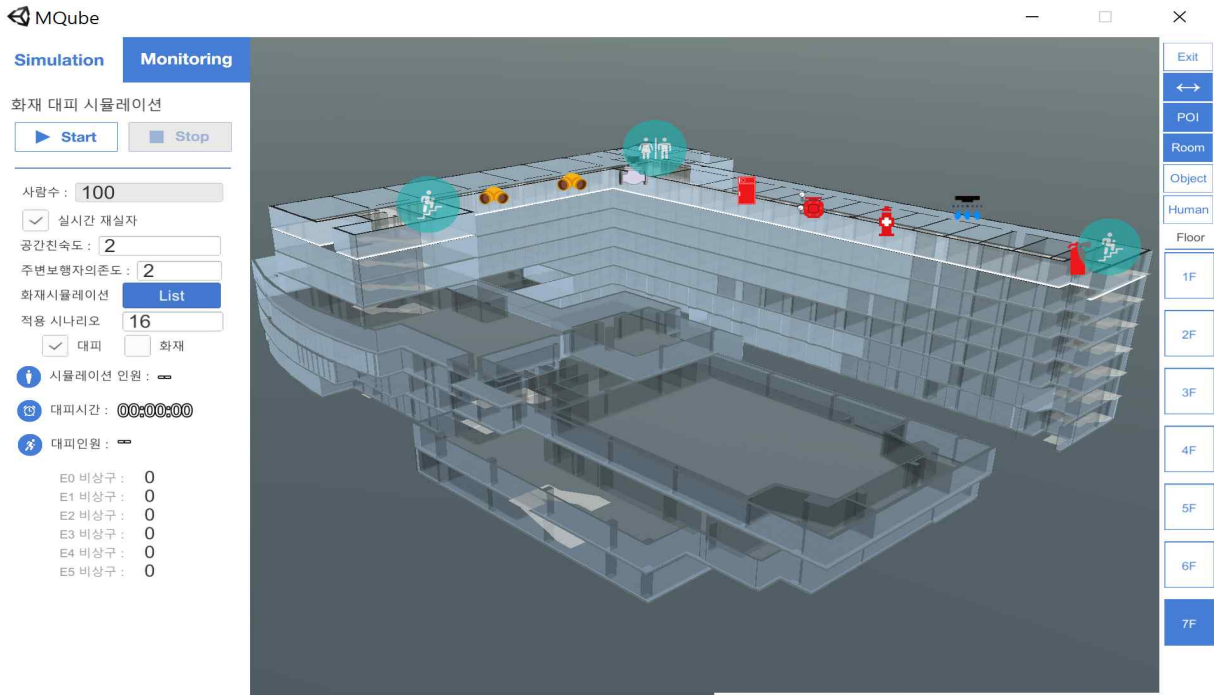
* 제한적인 모바일 환경에 맞도록 최적화 진행

- 대피인원 및 Map 모델링 변경/적용
- 가시화 성능 최적화



4. 테스트베드 (시립대 21세기관) 맵 추가 구축

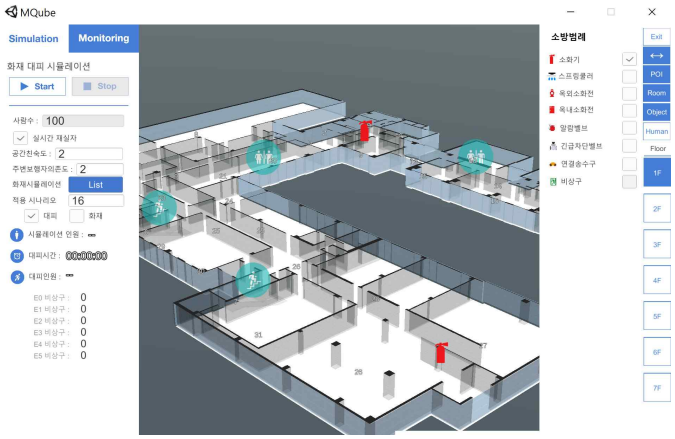
- 테스트베드 현행화를 통한 테스트 기능 강화
- 외벽 및 계단 등 시립대 21세기관 전층에 대한 모델링을 적용



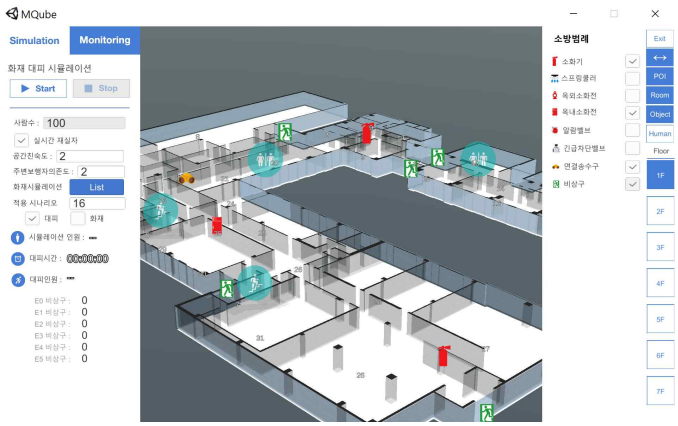
5. UI개선 – Object Layer 관리 탭 개발

– Object 선택을 통해 시뮬레이터 상에서 특정 Object만 보여주는 기능 설계/구현

– PC Version과 Mobile Version 모두 적용



** 소화기 Object만 선택된 경우 **



** 소화기, 비상구 Object가 선택된 경우 **

6. 화재시뮬레이션 연계 API I/F 개발

– 사용자에 의해 시뮬레이션된 대피시뮬레이션을 관리하고 원하는 시점에 다시 실행해볼 수 있도록 관리

– 건물관리자 및 안전관리자가 기 수행된 대피 시뮬레이션 데이터를 관리하고 유사한 재난발생 시, 즉시 참고할 수 있도록 시뮬레이션 히스토리 관리



** 화재시뮬레이션 History 관리 화면 샘플 (PC 화면) **



** 화재시뮬레이션 – 시뮬레이션 데이터 로딩 샘플 (PC 화면) **

7. 시뮬레이션 데이터 설정/적용

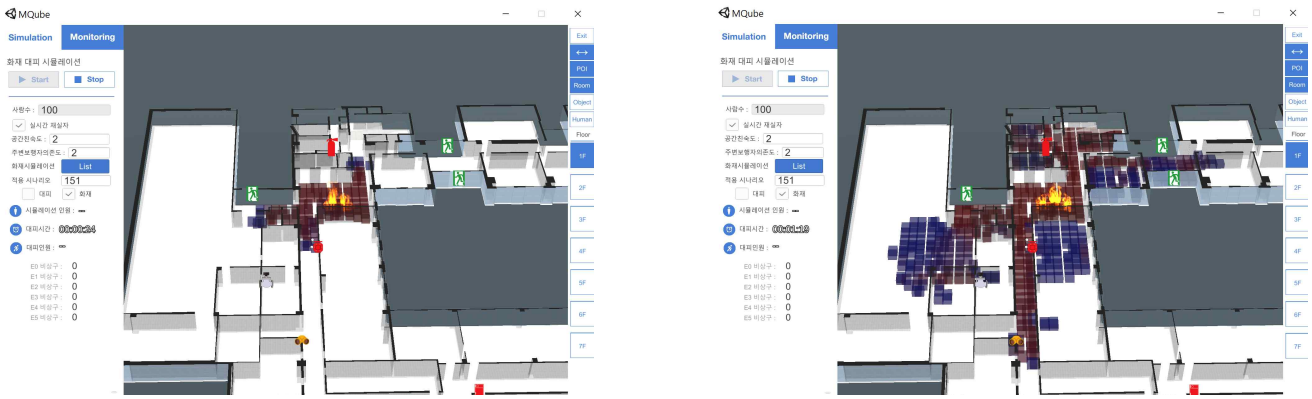
– 사용자가 시뮬레이션 데이터를 입력할 수 있도록 UI 추가

– 대피인원: 랜덤분포, 수동배치, 실시간 재실자 기반

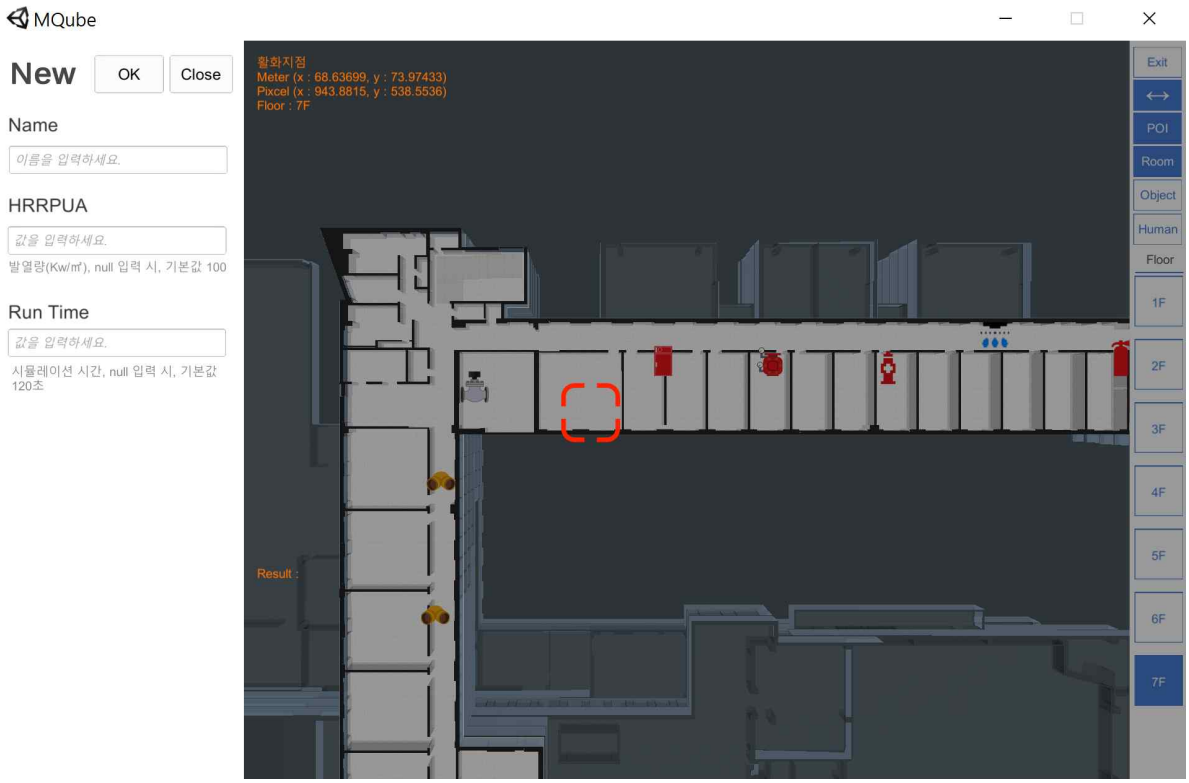
– 공간 친숙도, 주변 보행자 의존도 추가

– 화재발생 위치 지정 및 화재의 크기 입력

– 입력된 데이터 기반으로 시립대 시뮬레이션 데이터를 수신하고 PC 또는 모바일 APP을 통해 가시화 구현



** 화재시뮬레이션 – 열과 연기의 확산 **



** 화재시뮬레이션 - 발화위치 및 발열량 입력화면 **

시뮬레이션 데이터 생성

< Req. 어플리케이션 --> 시뮬레이션 서버 >

https://geodb.uos.ac.kr/api/inous/fds
/{user_id}/{map_id}/{name}/{x}/{y}/{floor}/{HRRPUA}/{run_time}

•user_id: 사용자 id

•map_id: 대상 맵 id

•name: 시뮬레이션 명칭(ex. 21c fire sample1)

•x: 발화지점 x 좌표

•y: 발화지점 y 좌표

•Floor: 발화지점 층

•HRRPUA: 발열량(Kw/㎡), null 입력 시, 기본값100

•run_tiem: 시뮬레이션 시간, null 입력 시, 기본값120초

< Res. 시뮬레이션 서버 --> 어플리케이션 >

작업 시작 정보

•sim_id: 요청한 작업에 대한 시뮬레이션 id•start_time: 작업 요청 시청

1. FDS 실행 (어플리케이션에서 서버에 화재 시뮬레이션 데이터 생성 요청)



2. FDS 작업 조회 (요청한 화재 시뮬레이션에 대한 작업 상태 검색)



(하) 3-7 공동 (어빌리티시스템즈)

○ 시각장애인 음성기반 실내지도 서비스 [1~3차년도 : 코디스페이스㈜]

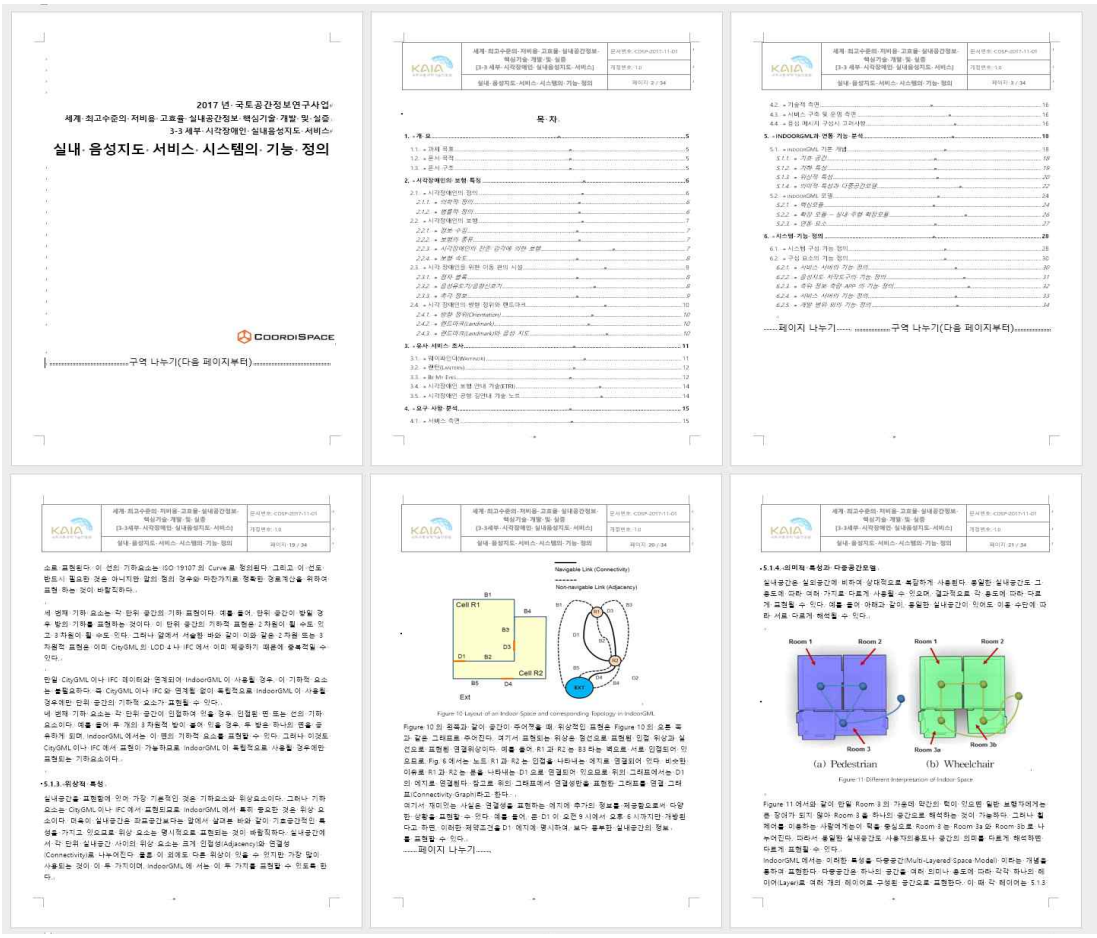
- 1차 연도 (2017년 07월 ~ 12월)

▪ 기능정의서 작성

• 실내 음성지도 서비스 시스템의 기능 정의

- 시각 장애인 요구사항 분석
- IndoorGML과 연동 기능 분석
- 서비스 기능 정의서 작성

• [CDSP-2017-11-01]실내 음성지도 서비스 시스템의 기능 정의

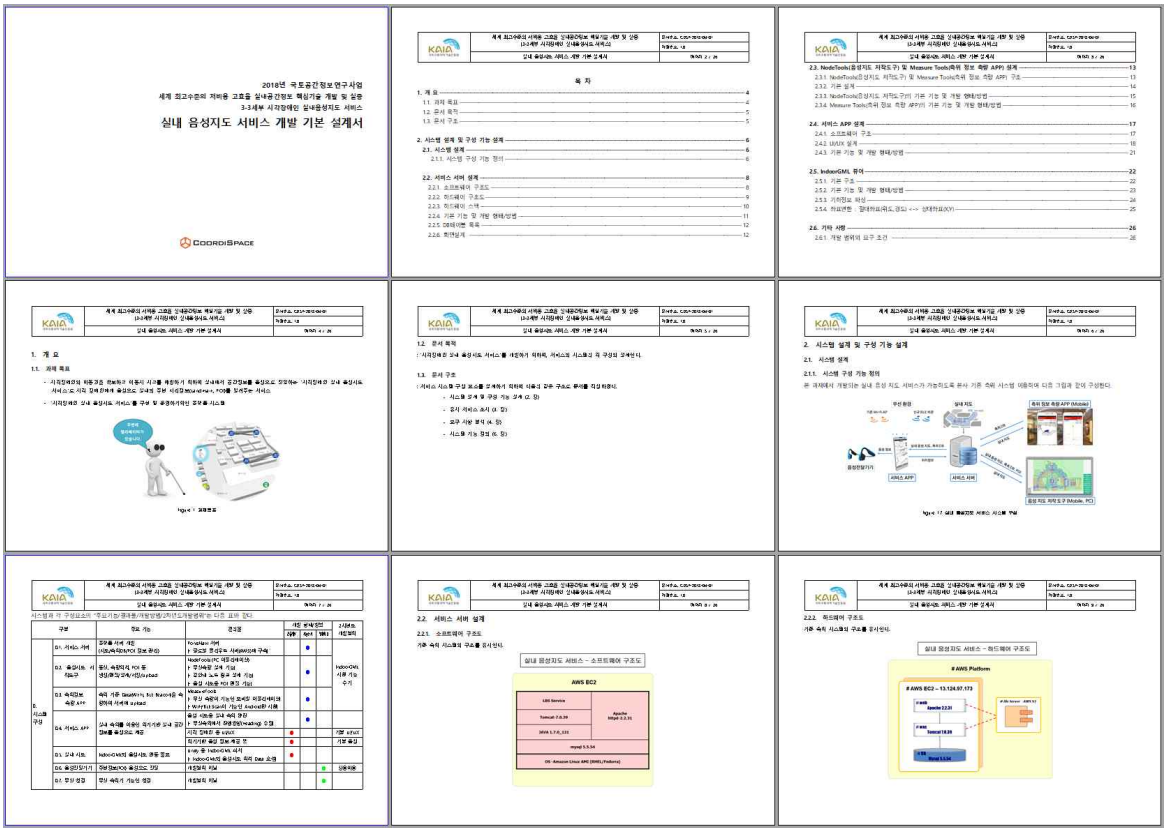


- 2차 연도 (2018년 01월 ~ 12월)

▪ 서비스 기본 설계

• 서비스 기본 설계서 작성

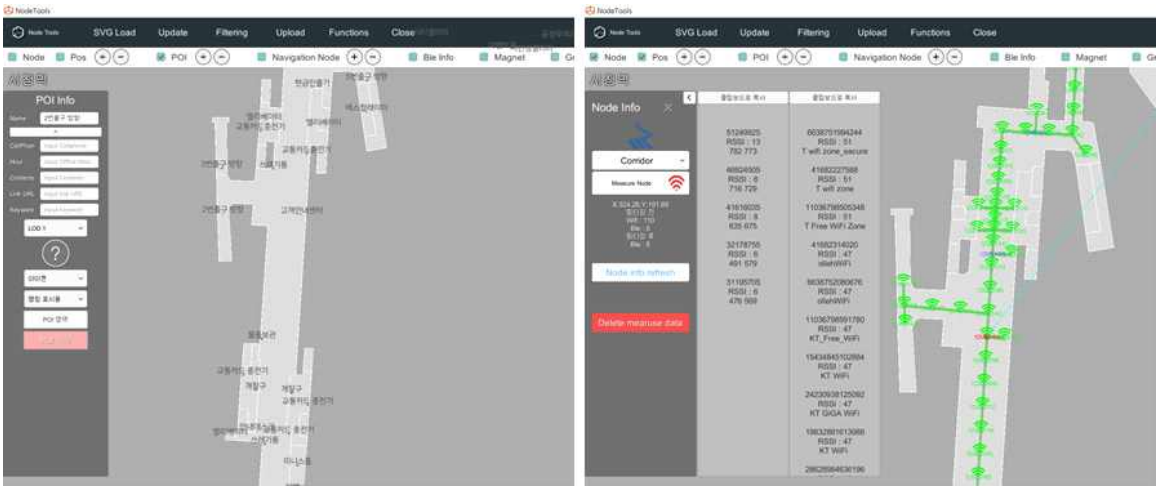
- 1차 년도 연구개발 결과물인 서비스 기능 정의서를 기반으로 서비스 설계서 작성
- 검증된 상용 버전에 시각장애인 실내음성지도에 필요한 기능을 추가하는 방식으로 설계하여, 개발기간을 단축시키고 개발의 리스크를 최소화하였음



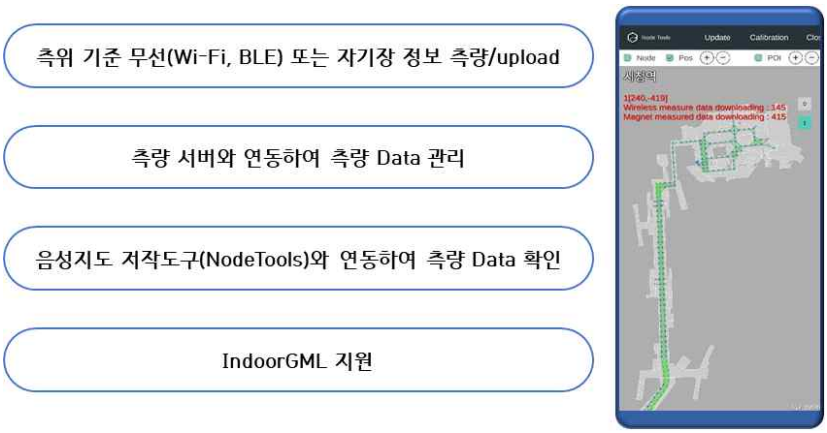
- 서비스 서버 개발
  - 음성지도 서비스를 위한 서비스 서버의 기본 기능을 구현 및 구축
    -기존 서비스 서버에 음성실내지도를 위한 추가 기능 개발
    -IndoorGML 지도를 호환하는 기능을 개발하여 서버에 적용하고 AWS(Amazon Web Service)에 구축(반영)함



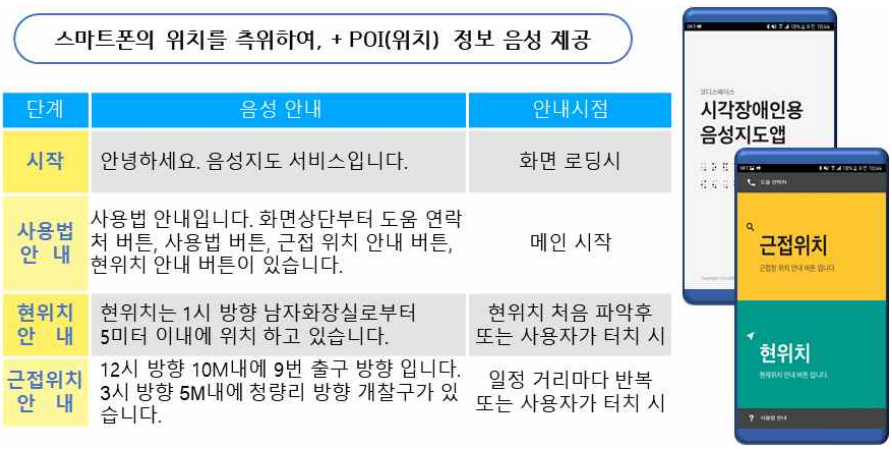
- 음성실내지도 저작도구 개발
  - 음성지도 서비스를 위한 측위정보 측량앱의 기본 기능을 구현
    - 음성지도 저작도구 시제품을 Unity3D로 구현하고 서버와 연동
    - POI 등 생성/편집/저장/upload
    - 측위 측량 /동선 설계, 측위Data 확인
    - IndoorGML 지원



- 측위 정보 측량 도구 개발
  - 음성지도 서비스를 위한 측위정보 측량앱의 기본 기능을 구현
    - 기존 음성지도 측량 도구에 음성실내지도를 위한 추가 기능 개발
    - indoorGML 지원 측위 정보 측량 APP을 개발
    - 측위 기준 무선(Wi-Fi, BLE) 또는 자기장 정보 측량/upload
    - 측량 서버와 연동하여 측량 Data 관리
    - 음성지도 저작도구(NodeTools)와 연동하여 측량 Data 확인



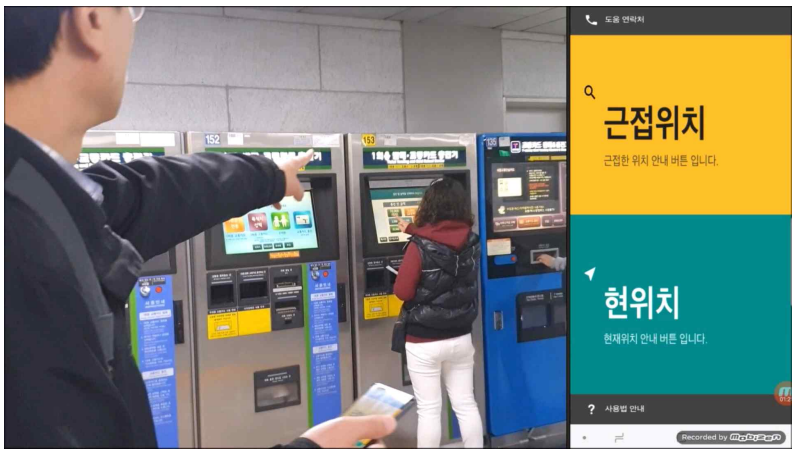
- 서비스 테스트 앱 개발
  - 음성지도 서비스를 위한 서비스 테스트 앱 개발
    - 서비스 기본 설계를 기반으로 화면(UI/UX) 및 음성 기능 개발
    - IndoorGML 지원 시제품 앱을 개발
    - 스마트폰의 위치를 측위하여, POI(위치) 정보 음성 제공



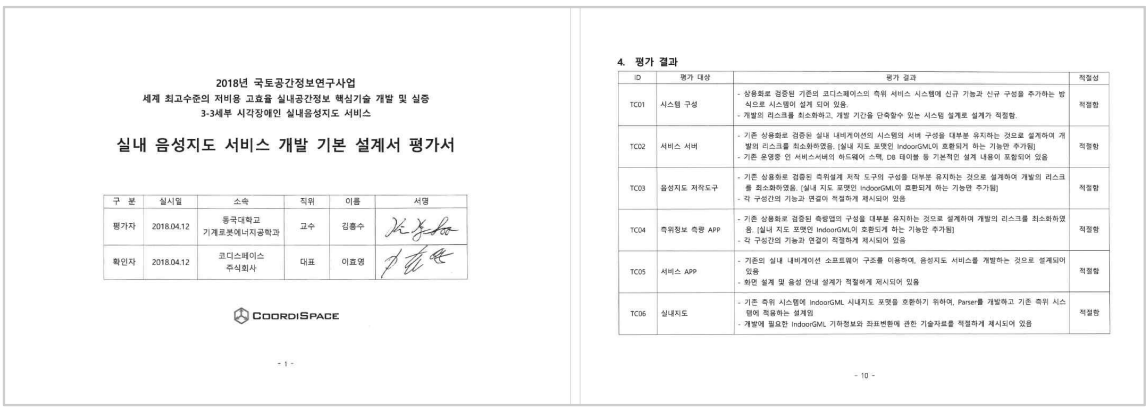
단계	음성 안내	안내시점
시작	안녕하세요. 음성지도 서비스입니다.	화면 로딩시
사용법 안 내	사용법 안내입니다. 화면상단부터 도움 연락처 버튼, 사용법 버튼, 근접 위치 안내 버튼, 현위치 안내 버튼이 있습니다.	메인 시작
현위치 안 내	현위치는 1시 방향 남자화장실로부터 5미터 이내에 위치 하고 있습니다.	현위치 처음 파악후 또는 사용자가 터치 시
근접위치 안 내	12시 방향 10M내에 9번 출구 방향 입니다. 3시 방향 5M내에 청량리 방향 개찰구가 있습니다.	일정 거리마다 반복 또는 사용자가 터치 시

- 테스트 베드 구축

- 테스트 베드에 테스트용 음성지도 서비스 구축
  - 서울 지하철 시청역에 테스트 베드 구축



▪ 연구개발 검증
- 서비스 설계 검증(전문가 평가)
  - 전문가 : 동국대학교 기계로봇에너지공학과 김흥수 교수
  - 평가 기준 : 설계서의 절적함 평가
  - 평가 결과 : 모든 항목 적절함으로 평가됨



2018년 국토공간정보연구사업
세계 최고수준의 저비용 고효율 실내공간정보 핵심기술 개발 및 실증
3-3세부 시각장애인 실내음성지도 서비스

실내 음성지도 서비스 개발 기본 설계서 평가서

구 분	실시일	소속	직위	이름	서명
평가자	2018.04.12	동국대학교 기계로봇에너지공학과	교수	김흥수	
확인자	2018.04.12	코디스페이스 주식회사	대표	이효영	

CoordiSpace

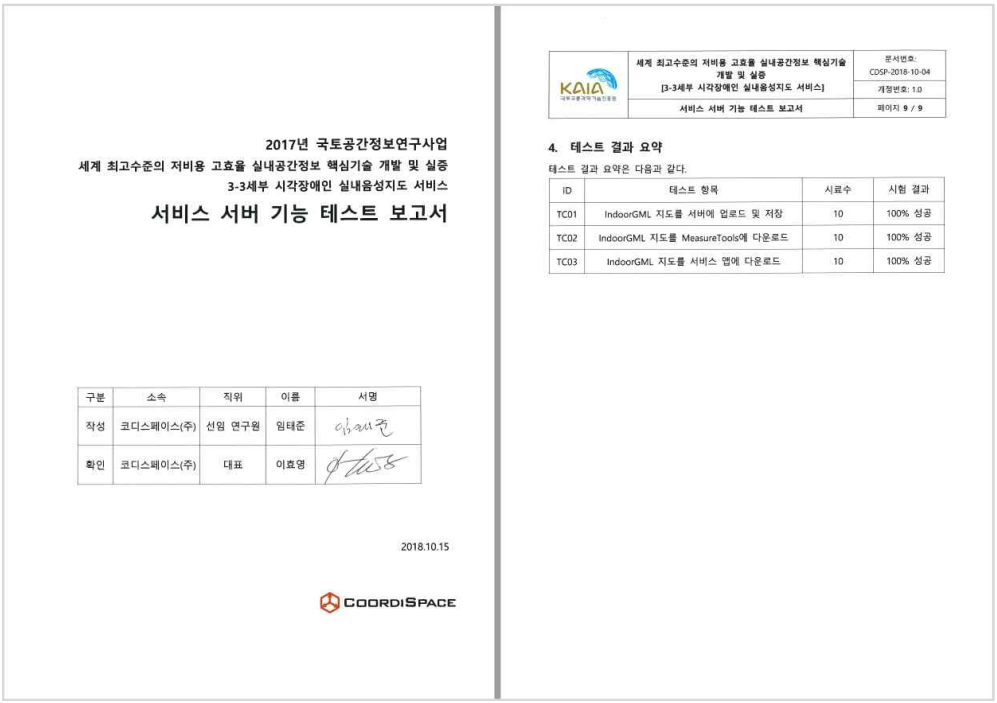
- 1 -

4. 평가 결과

ID	평가 대상	평가 결과	적절성
TC01	시스템 구성	- 상용화로 검증된 기존의 코디스페이스의 측위 서비스 시스템에 신규 기능과 신규 구성을 추가하는 방식으로 시스템이 설계 되어 있음. - 개발의 리스크를 최소화하고, 개발 기간을 단축할수 있는 시스템 설계로 설계가 적절함.	적절함
TC02	서비스 서버	- 기존 상용화로 검증된 실내 내비게이션의 시스템의 서버 구성을 대부분 유지하는 것으로 설계하여 개발의 리스크를 최소화하였음. [실내 지도 포맷인 IndoorGML의 호환되게 하는 기능만 추가됨] - 기존 운영중 인 서비스서버의 하드웨어 스펙, DB 테이블 등 기본적인 설계 내용이 포함되어 있음	적절함
TC03	음성지도 저작도구	- 기존 상용화로 검증된 측위설계 저작 도구의 구성을 대부분 유지하는 것으로 설계하여 개발의 리스크를 최소화하였음. [실내 지도 포맷인 IndoorGML이 호환되게 하는 기능만 추가됨] - 각 구성간의 기능과 연결이 적절하게 제시되어 있음	적절함
TC04	측위정보 측량 APP	- 기존 상용화로 검증된 측량앱의 구성을 대부분 유지하는 것으로 설계하여 개발의 리스크를 최소화하였음. [실내 지도 포맷인 IndoorGML이 호환되게 하는 기능만 추가됨] - 각 구성간의 기능과 연결이 적절하게 제시되어 있음	적절함
TC05	서비스 APP	- 기존의 실내 내비게이션 소프트웨어 구조를 이용하여, 음성지도 서비스를 개발하는 것으로 설계되어 있음 - 화면 설계 및 음성 안내 설계가 적절하게 제시되어 있음	적절함
TC06	실내지도	- 기존 측위 시스템에 IndoorGML 실내지도 포맷을 호환하기 위하여, Parser를 개발하고 기존 측위 시스템에 적용하는 설계임 - 개발에 필요한 IndoorGML 기하정보와 좌표변환에 관한 기술자료를 적절하게 제시되어 있음	적절함

- 10 -

- 서비스 서버 기능 테스트(자체 테스트)
  - 테스트 담당: 코디스페이스 선임 연구원 임태준
  - 테스트 기준 : 설계서의 기능 구현의 완전성을 검증
  - 테스트 결과 : 모든 항목 테스트를 통과하였음



2017년 국토공간정보연구사업
세계 최고수준의 저비용 고효율 실내공간정보 핵심기술 개발 및 실증
3-3세부 시각장애인 실내음성지도 서비스
서비스 서버 기능 테스트 보고서

구분	소속	직위	이름	서명
작성	코디스페이스(주)	선임 연구원	임태준	
확인	코디스페이스(주)	대표	이효영	

2018.10.15

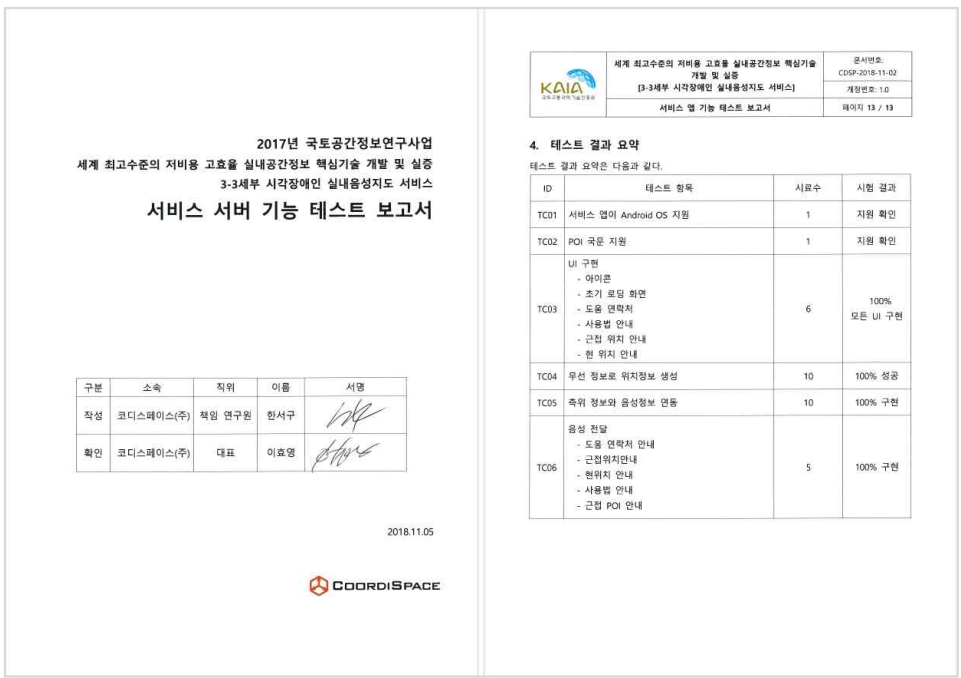
COORDISPACE

4. 테스트 결과 요약

테스트 결과 요약은 다음과 같다.

ID	테스트 항목	시료수	시험 결과
TC01	IndoorGML 지도를 서버에 업로드 및 저장	10	100% 성공
TC02	IndoorGML 지도를 MeasureTools에 다운로드	10	100% 성공
TC03	IndoorGML 지도를 서비스 앱에 다운로드	10	100% 성공

- 서비스 테스트 앱 기능 테스트(자체 테스트)
  - 테스트 담당: 코디스페이스 선임 연구원 한서구
  - 테스트 기준 : 설계서의 기능 구현의 완전성을 검증
  - 테스트 결과 : 모든 항목 테스트를 통과하였음



2017년 국토공간정보연구사업
세계 최고수준의 저비용 고효율 실내공간정보 핵심기술 개발 및 실증
3-3세부 시각장애인 실내음성지도 서비스
서비스 서버 기능 테스트 보고서

구분	소속	직위	이름	서명
작성	코디스페이스(주)	책임 연구원	한서구	
확인	코디스페이스(주)	대표	이효영	

2018.11.05

COORDISPACE

4. 테스트 결과 요약

테스트 결과 요약은 다음과 같다.

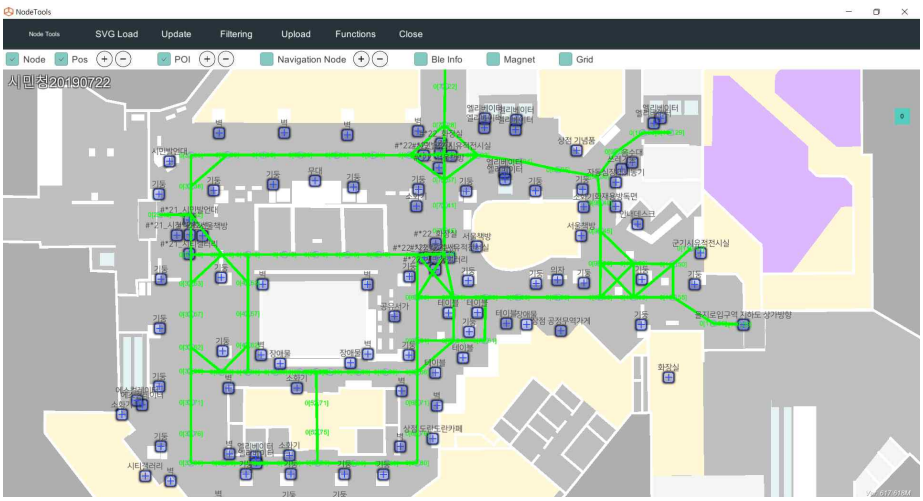
ID	테스트 항목	시료수	시험 결과
TC01	서비스 앱이 Android OS 지원	1	지원 확인
TC02	POI 국문 지원	1	지원 확인
TC03	UI 구현 - 아이콘 - 초기 로딩 화면 - 도움 연락처 - 사용법 안내 - 근접 위치 안내 - 현 위치 안내	6	100% 모든 UI 구현
TC04	무선 정보로 위치정보 생성	10	100% 성공
TC05	측위 정보와 음성정보 연동	10	100% 구현
TC06	음성 전달 - 도움 연락처 안내 - 근접위치안내 - 현위치 안내 - 사용법 안내 - 근접 POI 안내	5	100% 구현

- 3차 연도 (2019년 01월 ~ 12월)
  - 시각장애인 참여로 서비스 보안
    - 시각장애인 참여 보완사항 도출
      - 대구대학교 재활과학대학 직업재활학과 조성재 교수(시각장애인) 참여
      - 현장 체험/테스트 참여 및 보안 사항 도출: 시청역(7/11), 시민청(7/30)
      - 시각장애인 보행에 관한 교육: 대구대학교 조성재 교수 진행, 코디스페이스 개발자 4명 참여 (7/17)
  - 측위정확도 향상

- 측위 알고리즘 개선 진행
  - 위치 정확도 향상 (목표 : 5m 이내, 90%) : 파티클필터(Particle Filter)와 동적기계학습(Dynamic Machine Learning) 혼합 적용
  - 방위 측위 정확도 향상 (목표 : 10~20도 이내, 90%) : 칼만필터(Kalman Filter)와 “동적 기계학습(동선)” 혼합 적용

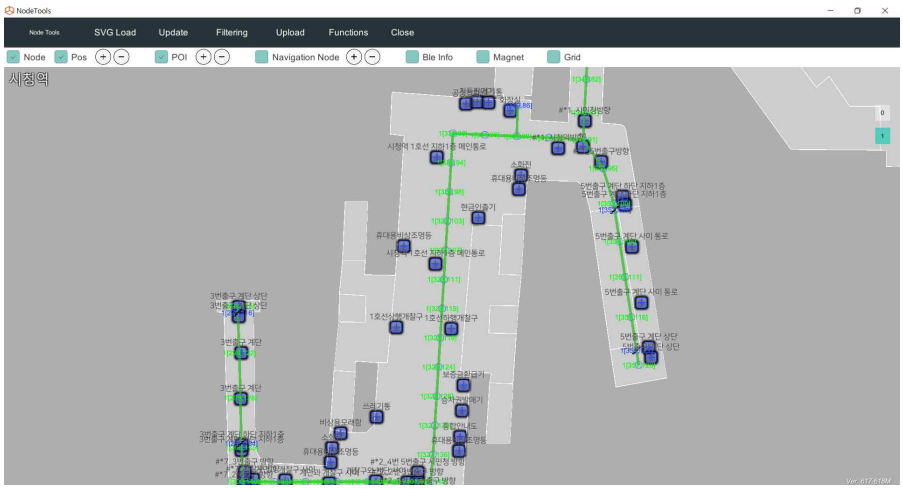
▪ 시범 서비스 스마트폰 APP 개발
- 표준적용 및 시각장애인 요구사항 반영하여 개발 기획
  - Wayfinr(공간정보 음성안내 표준)를 적용하여 서비스 품질향상
  - 대구대학교 조성재 교수님 보안 사항 반영
  - POI 정보 전달 기준 (거리와 시간, 방위 등) 결정
  - 음성과 진동으로 공간 정보 전달
  - POI 카테고리 분류 적용
- 시범 서비스 스마트폰 APP 개발
  - 안드로이드 APP 개발
  - 시각장애인의 협업으로 서비스 개선
  - 테스트베드(서울 시민청)에 적용

▪ 테스트베드에 시범 서비스 구축
- 서울 시민청 지하 1층
  - 구축 기간 : 7/23~7/24
  - 비콘 26개 설치, 측위 시스템 구축, 시각장애인용 POI



₩1+

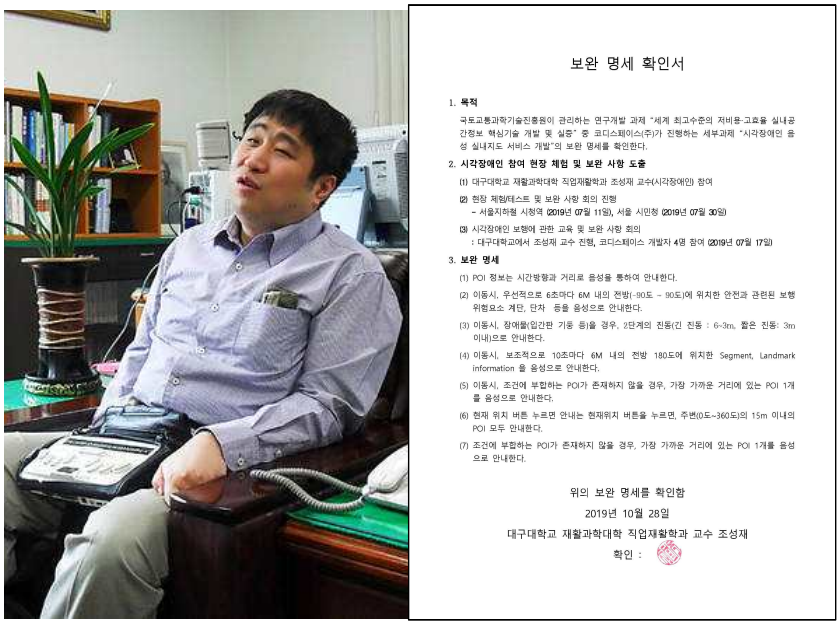
- 서울 지하철 1호선 시청역 지하 1층
  - 구축기간 : 10/24~10/31
  - 비콘 55개 설치, 측위 시스템 구축, 시각장애인용 POI



- 뉴욕 UN 본부
  - 현장 실사 및 비콘 설치(12월 예정)
  - 내년(2020년) 상반기 시범서비스 예정

▪ 연구개발 검증

- 시각장애인 참여로 서비스 보안 – 시각장애인 참여 보완사항 : 보안 명세 확인서
  - 현장 체험/테스트 참여 : 시청역(7/11), 시민청(7/30)
  - 시각장애인 보행에 관한 교육: 대구대학교 조성재 교수 진행, 코디스페이스 개발자 4명 참여 (7/17)
  - 보안 사항 도출(7/30)
  - 보안 명세 확인서 (대구대학교 재활과학대학 조성제 교수님)



보완 명세 확인서

1. 목적

국토교통과학기술진흥원이 관리하는 연구개발 과제 "세계 최고수준의 저비용·고효율 실내공간정보 핵심기술 개발 및 실증" 중 코디스페이스(주)가 진행하는 세부과제 "시각장애인 음성 실내지도 서비스 개발"의 보완 명세를 확인한다.

2. 시각장애인 참여 현장 체험 및 보완 사항 도출

(1) 대구대학교 재활과학대학 직업재활학과 조성재 교수(시각장애인) 참여

(2) 현장 체험/테스트 및 보완 사항 회의 진행
- 서울지하철 시청역 (2019년 07월 11일), 서울 시민청 (2019년 07월 30일)

(3) 시각장애인 보행에 관한 교육 및 보완 사항 회의
: 대구대학교에서 조성재 교수 진행, 코디스페이스 개발자 4명 참여 (2019년 07월 17일)

3. 보완 명세

(1) POI 정보는 시간방향과 거리로 음성을 통하여 안내한다.

(2) 이동시, 우선적으로 6초마다 6M 내의 전방(-90도 ~ 90도)에 위치한 안전과 관련된 보행 위험요소 계단, 단차 등을 음성으로 안내한다.

(3) 이동시, 장애물(입간판 기둥 등)을 경우, 2단계의 진동(긴 진동 : 6~3m, 짧은 진동: 3m 이내)으로 안내한다.

(4) 이동시, 보조적으로 10초마다 6M 내의 전방 180도에 위치한 Segment, Landmark information 을 음성으로 안내한다.

(5) 이동시, 조건에 부합하는 POI가 존재하지 않을 경우, 가장 가까운 거리에 있는 POI 1개를 음성으로 안내한다.

(6) 현재 위치 버튼 누르면 안내는 현재위치 버튼을 누르면, 주변(0도~360도)의 15m 이내의 POI 모두 안내한다.

(7) 조건에 부합하는 POI가 존재하지 않을 경우, 가장 가까운 거리에 있는 POI 1개를 음성으로 안내한다.

위의 보완 명세를 확인함

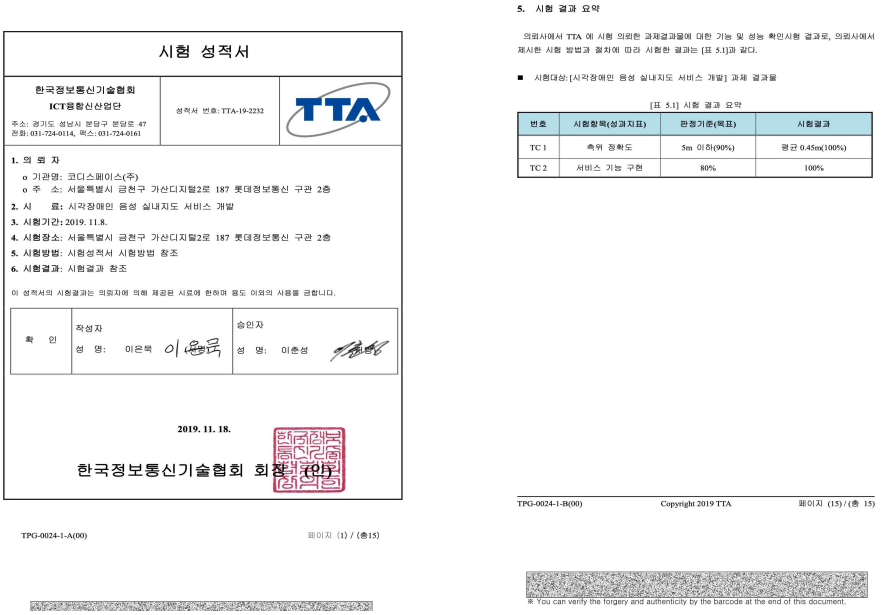
2019년 10월 28일

대구대학교 재활과학대학 직업재활학과 교수 조성재

확인 :

< 보완 명세 확인서 >

- 측위정확도 향상 – 측위 알고리즘 개선 : TTA 시험 평가
  - 칼만필터(Kalman Filter)와 "동적 기계학습(동선)" 혼합 적용
  - 외부시험인증기관(TTA) 성능 시험(11/8)
- 시범 서비스 스마트폰 APP 개발 – TTA 시험 평가
  - 음성 및 진동으로 공간정보를 전달하는 시범 서비스 APP 개발
  - 외부시험인증기관(TTA) 기능 시험(11/8 시험, 11/25 성적서 발행 예정)



시험 성적서

한국정보통신기술협회
ICT융합신산업단
주소: 경기도 성남시 분당구 47
전화: 031-724-0114, 팩스: 031-724-0161

성적서 번호: TTA-19-2232

TTA

1. 의 뢰 자
o 기관명: 코디스페이스(주)
o 주 소: 서울특별시 금천구 가산디지털2로 187 롯데정보통신 구관 2층
2. 시 료: 시각장애인 음성 실내지도 서비스 개발
3. 시험기간: 2019. 11.8.
4. 시험장소: 서울특별시 금천구 가산디지털2로 187 롯데정보통신 구관 2층
5. 시험방법: 시험성적서 시험방법 참조
6. 시험결과: 시험결과 참조

이 성적서의 시험결과는 의뢰자에 의해 제공된 시료에 한하며 용도 이외의 사용을 금합니다.

확 인	작성자	승인자
	성 명: 이은묵 이은묵	성 명: 이춘성

2019. 11. 18.

한국정보통신기술협회 회장 (인)

TPG-0024-1-A(00) 페이지 (1) / (총15)

5. 시험 결과 요약

의뢰사에서 TTA 에 시험 의뢰한 과제결과물에 대한 기능 및 성능 확인시험 결과로, 의뢰사에서 제시한 시험 방법과 절차에 따라 시험한 결과는 [표 5.1]과 같다.

■ 시험대상: [시각장애인 음성 실내지도 서비스 개발] 과제 결과물

[표 5.1] 시험 결과 요약

번호	시험항목(성과지표)	판정기준(목표)	시험결과
TC 1	측위 정확도	5m 이하(90%)	평균 0.45m(100%)
TC 2	서비스 기능 구현	80%	100%

TPG-0024-1-B(00) Copyright 2019 TTA 페이지 (15) / (총 15)

※ You can verify the forgery and authenticity by the barcode at the end of this document.

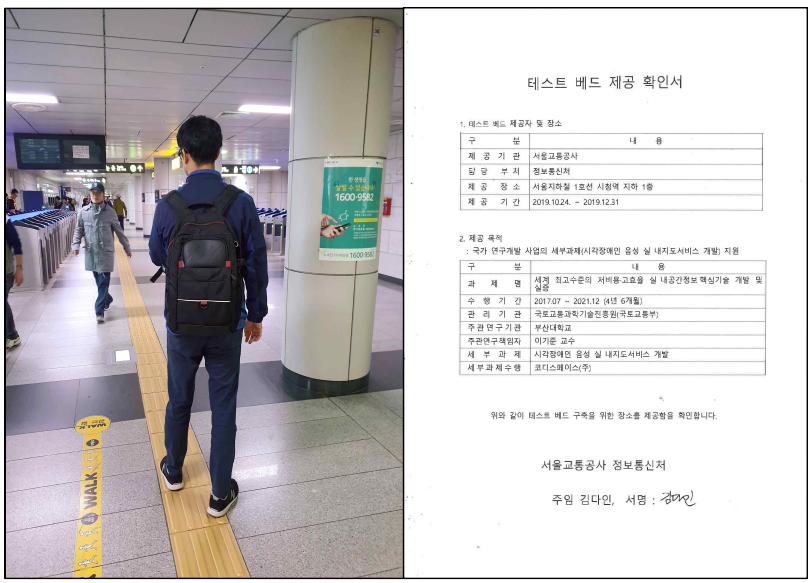
< TTA 시험 성적서 >

- 테스트베드에 시범 서비스 구축
  - 서울 시민청 지하 1층 (7/23~7/24) : 비콘 26개 설치, 측위 시스템 구축, 시각장애인용 POI



< 서울 시민청 지하 1층 테스트 베드 시험 >

  - 서울 지하철 1호선 시청역 지하 1층 : 비콘 55개 설치, 측위 시스템 구축, 시각장애인용 POI



테스트 베드 제공 확인서

1. 테스트 베드 제공자 및 장소

구 분	내 용
제 공 기 관	서울교통공사
담 당 부 처	정보통신처
제 공 장 소	서울지하철 1호선 시청역 지하 1층
제 공 기 간	2019.10.24. ~ 2019.12.31

2. 제공 목적
: 국가 연구개발 사업의 세부과제(시각장애인 음성 실 내지도서비스 개발) 지원

구 분	내 용
과 제 명	세정 최고수준의 저비용·고효율 실 내공간정보 핵심기술 개발 및 실증
수 행 기 간	2017.07 ~ 2021.12 (4년 6개월)
관 리 기 관	국토교통과학기술진흥원(국토교통부)
주관연구기관	부산대학교
주관연구책임자	이기준 교수
세 부 과 제	시각장애인 음성 실 내지도서비스 개발
세부과제수행	코디스페이스(주)

위와 같이 테스트 베드 구축을 위한 장소를 제공함을 확인합니다.

서울교통공사 정보통신처

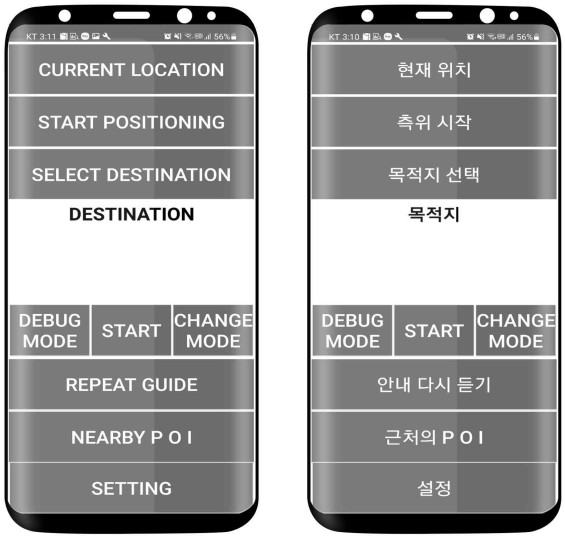
주임 김다인, 서명 : 김다인

< 서울 지하철 1호선 시청역 지하 1층 테스트베드 제공 확인서 >

○ **시각장애인 음성기반 실내지도 서비스 [4~5차년도 : [㈜어빌리티시스템즈]**

- 4차 연도 (2020년 01월 ~ 12월)
  - 실내 지도 정확도 향상
    - 기술 구현 성과
      - 측위점(파티클)의 위치 확률 계산 방식 개선 -> 측위안정성 향상
      - 측위점 이동 모델 개선 -> 측위 해상도 및 정확도 향상
      - Particle Filter의 Resampling/Propagation 로직 개선 -> 측위안정성 및 정확도 향상
      - 측량(측위 기준, Fingerprint) DB 확장 -> 측위 영역 확대
      - 비콘없는 측위 구현 -> 서비스 대상 확장
    - 자체 테스트로 검증
      - 테스트 보고서 : [ABLT-2020-06-02] 측위 정확도 테스트 보고서
      - 음성 안내(측위) 정확도 5m 이하 90% (목표달성)
  - 실내 측위 구축 도구 개선
    - 기술 구현 성과
      - 측량값 확인 기능 추가 -> 오측량 확인
      - 측량시간 축소 -> 측위 서비스 구축 시간 단축
    - 자체 테스트로 검증
      - 테스트 보고서 : [ABLT-2020-10-22] 구축 도구 기능 테스트 보고서
      - 모든 기능 정상 동작 (목표 달성)
  - 음성 안내 개선
    - 기술 구현 성과
      - 음성 안내 재설계로 서비스 품질 개선
    - 자체 테스트로 검증
      - 테스트 보고서 : [ABLT-2020-09-03] 음성지도앱의 음성안내 기능
      - 모든 기능 정상 동작 (목표 달성)
  - 스마트폰 App 개선 : 음성 UI/UX 기능의 완전성
    - 기술 구현 성과
      - 음성 안내 재설계로 서비스 품질 개선
    - 자체 테스트로 검증
      - 테스트 보고서 : [ABLT-2020-09-11] 음성지도앱의 UI/UX 기능 테스트 보고서
      - 음성 안내(측위) 정확도 5m 이하 90% (목표달성)
  - 테스트 베드에 서비스(v.1.0) 시작
    - 테스트 베드
      - UN 뉴욕 본부
      - 부산 자연대연구실험동 3층, 4층 구축
    - 자체 테스트로 검증
      - 테스트 보고서 : [ABLT-2020-10-15] 음성지도앱의 시나리오 테스트 보고서
      - 음성 안내(측위) 정확도 5m 이하 90% (목표달성)

- 5차 연도 (2021년 01월 ~ 12월)
  - 상용 버전(V.2.0) 서비스 APP 개발
    - 글로벌 버전 개발 : 영문 버전 개발, 세부 내용 3-1세부 참조
    - TTA 시험으로 기능 완전성 검증



CURRENT LOCATION / 현재 위치
→ 현재위치 안내

START POSITIONING / 측위 시작
→ 측위 시작/중지

SELECT DESTINATION / 목적지 선택
→ 목적지 선택

DESTINATION / 목적지
→ 목적지 길안내

REPEAT GUIDE / 안내 다시 듣기
→ 이전 음성 안내를 반복

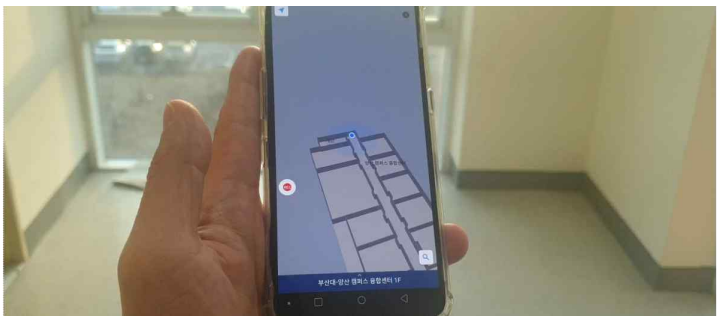
NEARBY POI / 근처 POI
→ 주변 주요 지점을 음성으로 안내

SETTING / 설정
→ 서비스 설정

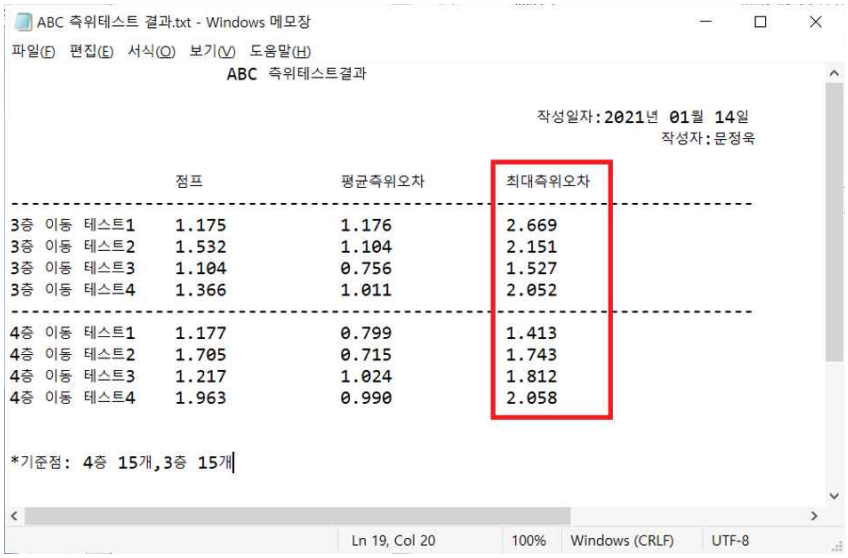
- 상용 버전(V.2.0) 플랫폼 서버 개발
  - 구축 도구의 서버 연동
  - 관리자 페이지 정상 동작
  - TTA 시험으로 검증

- 서비스 플랫폼 OPEN
  - AWS(Amazon Web Service)에 서비스 플랫폼을 구축 및 OPEN
    - API 서버: http://54.180.44.91:8080
    - ADMIN 서버: http://13.124.31.155:8080

- 음성지도 앱 개발을 위한 테스트 베드 구축
  - 부산대 양산 캠퍼스
    - 첨단의생명융합센터 3~4층
    - 음성지도 앱 개발 및 테스트 목적으로 구축
    - 비콘 없는 무장비 실내측위 구현



    - 최대 측위 오차 3m 이내, 평균 약1m,



ABC 측위테스트 결과.txt - Windows 메모장

파일(F) 편집(E) 서식(O) 보기(V) 도움말(H)

ABC 측위테스트결과

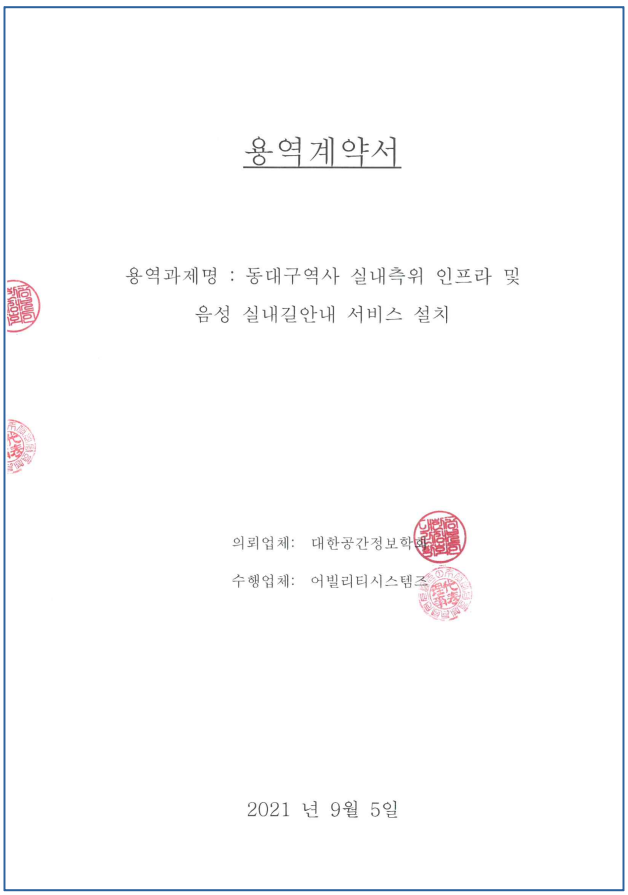
작성일자:2021년 01월 14일
작성자:문정욱

	점프	평균측위오차	최대측위오차
3층 이동 테스트1	1.175	1.176	2.669
3층 이동 테스트2	1.532	1.104	2.151
3층 이동 테스트3	1.104	0.756	1.527
3층 이동 테스트4	1.366	1.011	2.052
4층 이동 테스트1	1.177	0.799	1.413
4층 이동 테스트2	1.705	0.715	1.743
4층 이동 테스트3	1.217	1.024	1.812
4층 이동 테스트4	1.963	0.990	2.058

*기준점: 4층 15개,3층 15개

Ln 19, Col 20 100% Windows (CRLF) UTF-8

- 서비스 장소 확대
  - 동대구역 음석지도 서비스 구축 계약 (별첨)



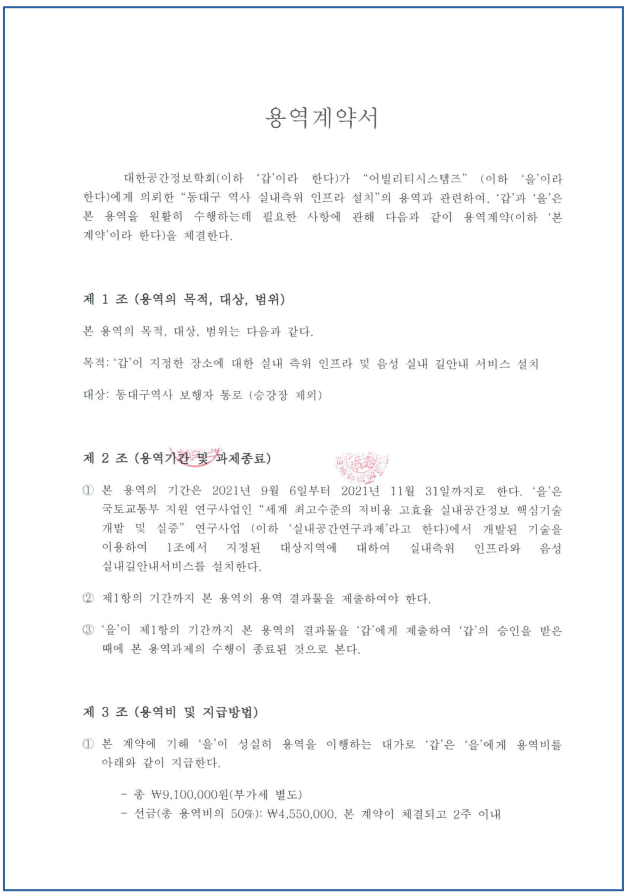
용역계약서

용역과제명 : 동대구역사 실내측위 인프라 및
음성 실내길안내 서비스 설치

의뢰업체: 대한공간정보학회

수행업체: 어빌리티시스템즈

2021 년 9월 5일



용역계약서

대한공간정보학회(이하 '갑'이라 한다)가 "어빌리티시스템즈" (이하 '을'이라 한다)에게 의뢰한 "동대구 역사 실내측위 인프라 설치"의 용역과 관련하여, '갑'과 '을'은 본 용역을 원활히 수행하는데 필요한 사항에 관해 다음과 같이 용역계약(이하 '본 계약'이라 한다)을 체결한다.

제 1 조 (용역의 목적, 대상, 범위)

본 용역의 목적, 대상, 범위는 다음과 같다.

목적: '갑'이 지정한 장소에 대한 실내 측위 인프라 및 음성 실내 길안내 서비스 설치

대상: 동대구역사 보행자 통로 (승강장 제외)

제 2 조 (용역기간 및 과제종료)

① 본 용역의 기간은 2021년 9월 6일부터 2021년 11월 31일까지로 한다. '을'은 국토교통부 지원 연구사업인 "세계 최고수준의 지비용 고효율 실내공간정보 핵심기술 개발 및 실증" 연구사업 (이하 '실내공간연구과제'라고 한다)에서 개발된 기술을 이용하여 1조에서 지정된 대상지역에 대하여 실내측위 인프라와 음성 실내길안내서비스를 설치한다.

② 제1항의 기간까지 본 용역의 용역 결과물을 제출하여야 한다.

③ '을'이 제1항의 기간까지 본 용역의 결과물을 '갑'에게 제출하여 '갑'의 승인을 받은 때에 본 용역과제의 수행이 종료된 것으로 본다.

제 3 조 (용역비 및 지급방법)

① 본 계약에 기해 '을'이 성실히 용역을 이행하는 대가로 '갑'은 '을'에게 용역비를 아래와 같이 지급한다.

- 총 ₩9,100,000원(부가세 별도)
- 선금(총 용역비의 50%): ₩4,550,000, 본 계약이 체결되고 2주 이내

▪ 검증

• 공인시험기관인 TTA에서 성능 및 기능 검증 (별첨)



시험 성적서

한국정보통신기술협회 주 소: 경기도 성남시 분당구 분당로 47 전화: 031-780-9142 Fax: 031-724-0161	성적서번호: TTA-21-1479	TTA

1. 의 뢰 자
 · 기관명 : (주)어빌리티시스템즈
 · 주 소 : 서울특별시 송파구 송파대로 111 파크하비오타워 205동 515호
2. 시 료 : [시각장애인 음성 실내지도 서비스 개발] 과제 결과물
3. 시험기간 : 2021. 9. 2. ~ 2021. 9. 3.
4. 시험장소: 부산대학교 양산캠퍼스 첨단 의생명 융합센터
5. 시험방법 : 시험 성적서 시험방법 참조
6. 시험결과 : 시험결과 참조

이 성적서의 시험결과는 의뢰자에 의해 제공된 시료에 한하며 용도 이외의 사용을 금합니다.

확 인	작성자 성 명: 박은섭	승인자 성 명 : 장광익 (서명)

2021 년 09 월 28일

한국정보통신기술협회 회장

TPG-0024-6-A(00) Copyright 2021 TTA 페이지 (1) / (총 18)

※ You can verify the forgery and authenticity by the barcode at the end of this document.



성적서 번호: TTA-21-1479

5. 시험 결과 요약

의뢰사에서 TTA에 시험 의뢰한 과제 결과물에 대한 기능 및 성능 확인시험 결과로, 의뢰사에서 제시한 시험 방법과 절차에 따라 시험한 결과는 [표 5.1]과 같다.

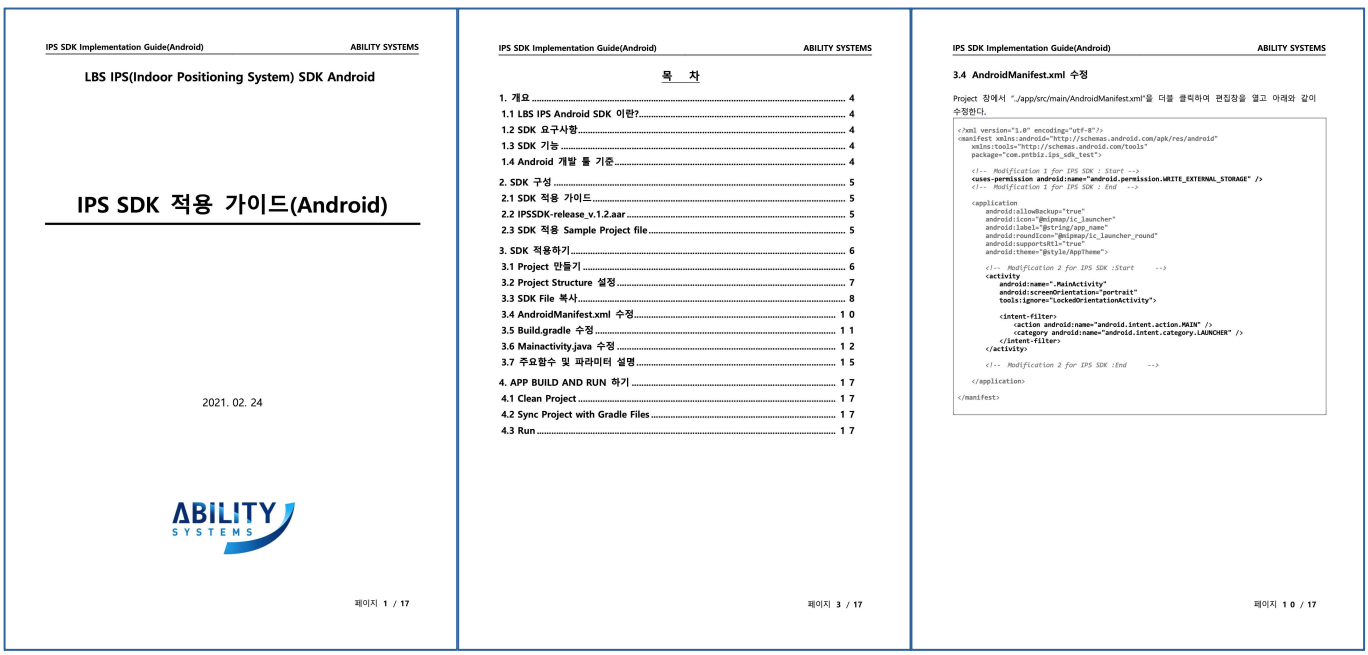
[표 5.1] 시험 결과 요약

ID	시험 항목	목표치	시험 결과
TC1	플랫폼 서버 완전성 : 측위 구축 도구 연동 1 (지도 뷸)	벽 , 방 생성 기능 (100%)	벽, 방 각각 5 회 정상 생성
TC2	플랫폼 서버 완전성 : 측위 구축 도구 연동 2 (노드 뷸)	노드 , 링크 생성 기능(100%)	노드, 링크 각각 5 회 정상 생성
TC3	플랫폼 서버 완전성: 측위 구축 도구 연동 3 (측량 뷸)	무선데이터 , 지자기 데이터가 수집되는지 확인(100%)	무선데이터, 지자기 데이터 각각 5 회 정상 생성
TC4	음성지도 맵 기능 완전성 (시각장애인 음성 앱)	미리 지정한 지점에서 음성 서비스가 나오는지 확인(100%)	음성 서비스 100 % 정상 지원
TC5	AWS 에 서비스 플래폼 OPEN	AWS 에 연동된 관리자페이지로 업로드 데이터 확인(100%)	업로드 데이터 100 % 정상 확인

TPG-0024-6-B(00) Copyright 2021 TTA 페이지 (18) / (총 18)

※ You can verify the forgery and authenticity by the barcode at the end of this document.

– 패키지화를 위한 실내 측위 SDK 사용자 매뉴얼 작성 (별첨)



LBS IPS(Indoor Positioning System) SDK Android

IPS SDK 적용 가이드(Android)

2021. 02. 24

ABILITY SYSTEMS

목 차

1. 개요 4
1.1 LBS IPS Android SDK 이란? 4
1.2 SDK 요구사항 4
1.3 SDK 기능 4
1.4 Android 개발 툴 기준 4
2. SDK 구성 5
2.1 SDK 적용 가이드 5
2.2 IPSSDK-release_v.1.2.aar 5
2.3 SDK 적용 Sample Project file 5
3. SDK 적용하기 6
3.1 Project 만들기 6
3.2 Project Structure 설정 7
3.3 SDK File 복사 8
3.4 AndroidManifest.xml 수정 10
3.5 Build.gradle 수정 11
3.6 Mainactivity.java 수정 12
3.7 주요함수 및 파라미터 설명 15
4. APP BUILD AND RUN 하기 17
4.1 Clean Project 17
4.2 Sync Project with Gradle Files 17
4.3 Run 17

3.4 AndroidManifest.xml 수정

Project 창에서 "./app/src/main/AndroidManifest.xml"을 더블 클릭하여 편집창을 열고 아래와 같이 수정한다.

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<manifest xmlns:android="http://schemas.android.com/apk/res/android"
    xmlns:tools="http://schemas.android.com/tools"
    package="com.pmtbiz.ips_sdk_test">

    <!-- Modification 1 for IPS SDK : Start -->
    <uses-permission android:name="android.permission.WRITE_EXTERNAL_STORAGE" />
    <!-- Modification 1 for IPS SDK : End  -->

    <application
        android:allowBackup="true"
        android:icon="@mipmap/ic_launcher"
        android:label="@string/app_name"
        android:roundIcon="@mipmap/ic_launcher_round"
        android:supportsRtl="true"
        android:theme="@style/AppTheme">

        <!-- Modification 2 for IPS SDK :Start      -->
        <activity
            android:name=".MainActivity"
            android:screenOrientation="portrait"
            tools:ignore="LockedOrientationActivity">

            <intent-filter>
                <action android:name="android.intent.action.MAIN" />
                <category android:name="android.intent.category.LAUNCHER" />
            </intent-filter>
        </activity>

        <!-- Modification 2 for IPS SDK :End      -->

    </application>

</manifest>
```

- 실외 공간정보와의 연계 방향
  - 실내측위와 실외측위(GPS)연동 기술 개발하여 연관 서비스 개발
    - 예 : 공장, 건설 산업 현장의 작업자 안전관리에 활용

- 과제 결과물의 메타버스 시장에 대한 기대효과
  - 위치 측위 기술과 메타버스와 연동
    - 실재 사용자 위치를 활용한 메타버스 서비스에 활용 가능

- 연구결과에 따른 향후 킬러 애플리케이션 방향 제시
  - 실내 측위 기술을 다양한 애플리케이션 적용
    - 위치추적을 활용한 작업자 안전관리, 방문자 출입 통제 등에 이용
    - 위치정보 수집으로 다양한 빅 데이터 분석에 활용

- As-is To-be 대비표

구분	As-is (개발 시점)	To-Be (종료시점)	비고
실내측위 정확도	5m 이내(90%)	최대 측위 오차 3m 이내, 평균 약 1m	정확도 향상
음성지도 서비스 앱	미개발	개발 완료	서비스앱 개발
구축 비용 KTX/지하철 역사당	2000만원 비용	500만원~1000만원	비용 절감
상용화	없음	상용화	상용화

(2) 정량적 연구개발성과

1) 성과점검기준표

[1세부]

구분	핵심성과 (CTE)		단위성과		성과점검기준						양적 성과 건수
						질적 성과지표	목표치	달성치	측정방법	검증방법	가중치	
협동 1-1 서울대학교	1	사용자 참여형 실내공간정보 구축 기술 분석	1-1	사용자 참여형 실내공간정보 구축 프로세스 설계	①	프로세스 설계 결과	프로세스 설계서 1건	-		보고서	70	SCI(E) 논문 : 4 건 국내학술발표 : 8 건 국외학술발표 : 2 건 인력양성 : 4 명
				사용자 참여형 실내공간정보 서비스 조사 및 활용기술 분석	①	서비스 및 활용기술 분석 결과	분석 결과서 1건	-		보고서	30	
		사용자 참여형 실내공간정보 구축 기술	1-2	벡터라이징을 위한 도면 이미지 전처리 알고리즘	①	목표 노이즈 점감율	50%	94.3%	클래스 분류 결과	문자 단위 텍스트 제거	35	
				도면 이미지 벡터화 알고리즘	①	벽체 재현율	75%	81%	클래스 분류 결과	픽셀 정확도	65	
		도면의 벡터데이터 가공 및 3D 실내 공간 재현을 위한 기반 정보 구축	1-3	실내공간 재현을 위한 기하학적 특징 기반의 객체 추출 알고리즘	①	객체 탐지율	70%	76%	실험결과	Detection rate	50	
				실내공간 구성 요소들의 의미 정보 추출 알고리즘	①	공간 탐지 및 인지 정확도(recognition accuracy)	70%	81%	실험결과	Detection rate	50	
		실내공간 데이터의 3차원화를 위한 실내공간 구성요소의 형상 및 의미정보 구체화	1-4	실내공간 구성요소의 용도를 고려한 도면의 3D화	①	프로세스 설계 결과	프로세스 설계서 1건	-	-	보고서	40	
				실내공간 데이터의 3차원화를 위한 기하학적 요소 기반의 형상 및 의미 정보 구체화	①	객체 탐지율	80%		실험결과	Detection rate	20	
				기계학습 기반 실내공간 정보 구축 및 갱신기술의 효율성 평가	①	분석 결과	분석 결과서 1건	-	-	보고서	40	
		사용자 참여형 3D 실내공간 뷰어 설계	1-5	사용자 참여형 실내공간 3D 뷰어에 필요한 요소 기술 설계	①	요소기술 분석 및 설계 결과	-	-	보고서 검토	보고서	100	

공동 1-2 고려대학교	2	이벤트카메라 운영모듈	2-1	이벤트 카메라 동작 코드	①	동작 여부	동작	동작	출력 데이터 확인	작동확인	47	국내 특허 출원 : 3 국내 특허 등록 : 3 국내 학술 발표 : 14 국내 논문 : 1 국외 학술 발표 : 2 국외 논문 : 1 SCIE : 1 SW 등록 : 6 인력양성 : 5 성과홍보 : 2
				이벤트 카메라 실시간성 검증 모듈	②	데이터 취득 타임 딜레이	<50msec	<50msec	시간측정	측정치와 비교	53	
		정형 형상 정보 구축 자동화 모듈	2-2	단순형상 에지추출 모듈(SW)	①	에지추출 여부	80%	80%	정밀도 측정	Precision -Recall	48	
				단순형상 메쉬작성 모듈(SW)	①	메쉬작성 여부	80%	80%	정밀도 측정	Precision -Recall	52	
		비정형 형상정보 자동화 모듈	2-3	건축부분 비정형 기하요소 구축 자동화	①	Geometric primitive로 표현되는 비정형 기하요소 구축 자동화 여부	건축부분 기하요소 추출	-	기하요소의 정밀도 측정	기하요소의 정밀도 측정	37	
				실감 지도 자동 생성 기술과의 융합	①	기존 실감지도 기법에의 연동 여부	기존 기법대비 정밀도 향상	-	정밀도 측정	정밀도 측정	63	
		이동형 센서기반 신호처리 기술	2-4	데이터 취득자 이동 노이즈를 포함한 센서 데이터 기반 실감지도 자동 작성 기술 개발	①	백팩형 시스템으로 인한 노이즈 강인처리여부 및 실감지도에의 영향 최소화 여부	노이즈 감소 20%	노이즈 감소 20%	노이즈 측정	노이즈 측정	100	
		고속데이터 취득 및 자동업데이트 기술개발	2-5	백팩 센서 데이터를 활용한 실내지도 부분 갱신 기술 개발	①	백팩 기반 데이터 취득 및 갱신 기술	정합도 오차 30cm 이하	-	정합도 오차 측정	정합도 오차 측정	100	

공동 1-3 신한항업	3	사용자 참여형 실내공간정보 구축 기술문서	3-1	사용자참여형기반 실내공간 개발방법론 및 기초기술확보	①	사용자참여 기반 기술조사	분석보고서 1건	분석보고서 1건		보고서	100	기술문서 : 1건 SW : 6 건 외부기관인증 : 3 건
		도면 이미지 벡터라이징 기술 개발	3-2	이미지기반 벡터라이징 전처리 (SW)	①	기능 정확성 (이미지전처리, 벡터라이징)	100%	100%	성능 점검표	SW등록 성능 결과서 제출	50	
				ML기반 벡터라이징 (SW)	①	기능 정확성 (ML전처리,벡터라이징)	100%	100%	성능 점검표	SW등록 성능 결과서 제출	50	
		JOSM 오픈소스를 이용한 실내공간 재현을 위한 기술 개발	3-3	벡터라이징 및 도면정재 기능 고도화	①	기능 정확성 (도면정재, 벡터라이징)	80%	-	기능구현서 성능점검표	외부기관 검증	25	
				3D 요소 그리기 및 속성	①	기능 정확성 (벽체,바닥, 출입문,창문 그리기)	80%	-	기능구현서 성능점검표		25	
				위상정보 부여	①	기능 정확성 (위상정보 부여 및 표시)	100%	-	기능구현서 성능점검표		25	
				메타정보 부여	①	기능 정확성 (메타정보 부여 및 표시)	100%	-	기능구현서 성능점검표		25	
		JOSM 오픈소스를 이용한 3D 뷰어 개발	3-4	층고 값을 이용한 3차원 모델 구현	①	기능 정확성 (층간 간격, 여러층의 표현) 기술 개발	100%	-	기능구현서 성능점검표	외부기관 검증	15	
				실내공간 구성요소 3차원 오브젝트 제작	①	기능 정확성 (벽체,바닥, 출입문,창문 그리기)	100%	-	기능구현서 성능점검표		15	
				실내공간 구성요소 특징 속성 부여	①	기능 정확성 (시작위치, 종료위치, 두께)	80%	-	기능구현서 성능점검표		20	
				JOSM 플러그인 기반 3D뷰어 개발	①	기능 정확성 (3D 뷰어구현)	70%	-	기능구현서 성능점검표		50	
		OLU(OpenLevelUp) 환경의 3D 실내공간 뷰어 플러그인 개발	3-5	OLU기반의 실내공간 3D뷰어 개발	①	기능 정확성 (3D 모델정보표시)	80%	-	기능구현서 성능점검표	외부기관 검증	50	
				도면 이미지를 기반으로 구축한 실내공간 기하, 의미정보와 IndoorGML 등의 표준 포맷 변환 기능 개발	①	기능 정확성 (변환율)	80%	-	기능구현서 성능점검표		30	
				서비스 안정화 및 고도화	①	SW 안정동작	80%	-	기능구현서 성능점검표		20	

공동 1-4 티랩스	4	이벤트카메라 운영 지원	4-1	이벤트 카메라 동작 지원	①	동작여부	동작	동작	출력 데이터 확인	작동확인	50	특허 : 출원 2 건 등록 2 건 기술이전 : 2 건 상용화 : 1 건 시제품 : 3 건 S/W : 4 건 기술문서 : 1 건 성과홍보 : 4 건
				이벤트 카메라 실시간성 검증 지원	①	데이터 취득 타임 딜레이	<50msec	<50msec	시간측정	측정치와 비교	50	
		정형 형상 정보 구축 자동화 지원	4-2	단순형상 에지추출 지원	①	에지추출 여부	80%	80%	정밀도 측정	Precision -Recall	50	
				단순형상 메쉬작성 지원	①	메쉬작성 여부	80%	80%	정밀도 측정	Precision -Recall	50	
		상용화를 위한 데이터 구축	4-3	안정적 상용화를 위한 Pilot용 테스트 데이터 구축	①	점군지도 및 영상포함 지도의 획득 여부	100%	100%	자체 실험	자체 실험	100	
		융합센서 시스템 시작품	4-4	백팩형 통합 시스템 제작	①	실시간 구동 여부	동작	-	자체 Test	안정 동작 여부	50	
				통합 시스템 연동 동작 모듈	①	데이터 취득부터 지도작성까지의 연동여부	90%	-	다양한 환경에서 측정	기존 수작업 결과물과 비교	50	
		상용화 제품	4-5	저가 센서를 활용한 상용화 백팩 시스템	①	H/W 안정동작	80%	-	자체 Test	Unit test, Acceptance Test	50	
				상용화 지도작성 서버	①	서버 안정동작	95%	-	자체 Test	Unit test, Acceptance Test	50	
위탁 1-1-1 한양대학교	5	정밀 공간 스캔을 위한 외란 감쇠 장치 개발	5-1	고주파 및 충격 감쇠를 위한 흡진 시스템 개발	①	장치 완성도	90%	90%	로봇 장착 실험	로봇 장착 실험(진동 주파수 확인)	50	시제품 : 4 건
				저주파 외란 보상을 위한 능동형 자세 유지 장치 개발	①	장치 완성도	90%	90%	로봇 장착 실험	로봇 장착 실험(진동 주파수 확인)	50	
		착용형 통합 스캔 시스템 개발	5-2	스캔 장치 구동을 위한 착용형 장치 설계 및 제어	①	정밀 공간 스캔 시 외란 감쇠 및 착용 기능 여부	100%	-	스캔 장치 장착 실험(주파수 확인)	스캔 장치 장착 실험(주파수 확인)	100	
		고화질 공간 스캔을 위한 센서 시스템 설계	5-3	고화질 카메라 센서 시스템 최적 배치 및 상세 설계	①	고화질 카메라용 설계 여부	제작 수준의 설계 도 여부	-	-	제작수준의 설계	100	
		착용형 공간 스캔 시스템의 최적화	5-4	착용형 공간 스캔 시스템의 최종 버전 설계 및 제작	①	착용형 공간 스캔 시스템의 최적화 방안 도출	최적화된 최종 시제품 제작 여부	-	-	기존 시제품과 비교	100	

계							100	논문 : SCI(E) 5 건 국외 1 건 국내 1 건 국내 특허 : 출원 5 건 등록 5 건 국내 학술발표 : 22 건 국외 학술발표 : 4 건 인력양성 : 9 건 기술이전 : 2 건 SW : 16 건 시제품 :7 건 상용화 : 1 건 기술문서 : 2 건 성과 홍보 : 6 건 외부기관인증 : 3 건

[2세부]

구분	핵심성과 (CTE)		단위성과		성과점검기준							양적 성과 건수 목표
						질적 성과지표	목표치	달성치	측정방법	검증방법	가중치	
협동 2-1 한국건설기술연구원	1	(A) BIM/CAD 기반 실내공간정보 구축 자동화 기술	1-1	CAD/BIM 상용 SW기반 실내공간정보 구축 표준프로세스 및 Ruleset 개발 (기술문서)	①	작업 프로세스 타당성	80점 이상	90%	기술문서 검토	전문가검토	20%	특허 : 출원 1 건 등록 1 건 논문 : 국외 1 건 국내 1 건 학술발표 : 1 건 시제품 : 2 건 기술이전 : 1 건
					②	Ruleset 개발 활용성						
			1-2	CAD SW(AutoCAD)기반 Plug-In 프로토타입 개발 (SW)	①	설계 및 기능구현의 적정성	80점 이상	90%	SW 기능 완성도 평가	공인인증 기관검증	40%	특허 : 출원 1 건 등록 1 건 논문 : SCI(E) 1 건 학술발표 : 2 건 시제품 : 1 건 SW : 1건 기술이전 : 1 건
					②	SW 기능 수준						
			1-3	BIM SW(Revit)기반 Plug-In 프로토타입 개발 (SW)	①	설계 및 기능구현의 적정성	80점 이상	90%	SW 기능 완성도 평가	공인인증 기관검증	40%	논문 : SCI(E) 1 건 논문 : 국내 1 건 학술발표 : 2 건 SW : 2건 시제품 : 1 건
					②	SW 기능 수준						
공동 2-2 서울시립대학교	2	(B) 실내공간정보 표준화	2-1	IndoorGML 기반 실내공간데이터모델 (TTA 표준안/ OGC 표준안)	①	데이터모델 완전성/적절성	80점 이상	100%	데이터모델 명세서 검토	전문가 검토	25%	논문 : 국내 2 건 학술발표 : 3 건 표준 : 기고서 제출 2 건 기고tj채택 1 건 국내표준제출 1 건 국내표준채택 1 건 인력양성 : 3 건
					②	LOD 체계의 완전성/적절성						
					③	TTA 표준안 제출여부	제출	90%	제출여부확인	TTA 제출		
					④	OGC 표준안 제출여부	제출	100%	제출여부확인	OGC 제출확인		
			2-2	Indoor POI 데이터모델	①	실내 POI 연계방안 타당성	80점 이상	90%	데이터모델 명세서 검토	전문가 검토	10%	
					②	데이터모델 완전성/적절성						
			2-3	IndoorGML Validator (3차년도종료)	①	설계 방법의 타당성	80점 이상	100%	SW 기능 완성도 평가	전문가 검토	20%	
					②	SW 기능의 적정성						
	3	(C) 실내외 공간정보 연계 고도화 기술	3-1	실내외 공간 연계활용을 위한 기술 개발 및 IndoorGML 확장모듈	①	연계방안의 타당성	80점 이상	100%	보고서 검토	전문가 검토	20%	논문 : SCI(E) 1 건 국외 1 건 국내 1 건 학술발표 : 3 건 표준 : 기고서 제출 1 건 기고서 채택 1 건 인력양성 : 3 건
					②	OGC IndoorGMIL 확장모듈 기고서 제출여부	80점 이상	90%	제출여부 확인	OGC 제출		
			3-2	공간데이터 연계 활용 기술	①	활용 기술의 타당성/효용성	80점 이상	90%	보고서 검토	전문가 검토	15%	
			3-3	실내공간정보 활용 OpenAPI	①	설계의 타당성	80점 이상	100%	API 기능 완성도 평가	전문가 검토	10%	
					②	Open API 적절성						
공동 2-3 ㈜올포랜드	4	(D) 실내공간정보 관리 지능화 요소기술	4-1	수준별 경량화 SW	①	SW 동작여부	정상동작	100%	원본대비 경량화 비율	외부기관 검증	10%	특허 : 출원 1 건 등록 1 건 논문 : 국외 1 건 국내 1 건 학술발표 :1 건 S/W : 2 건
			4-2	LOD 및 포맷자동변환 SW	①	SW 동작여부	정상동작	100%	결과데이터의 무결성	공인인증 기관검증	45%	
			4-3	BIM기반 데이터 컨버터	①	SW 동작여부	정상동작	100%	결과데이터의 무결성	공인인증 기관검증	7%	
	5	(E) 클라우드기반 실내공간정보 관리서비스 (PaaS)	5-1	클라우드기반 실내공간정보 관리 서비스	①	설계 및 구현의 적정성	80점 이상	80%	서비스 기능 완성도 평가	공인인증 기관검증	38&	논문 : 국내 1 건 학술발표 : 1 건 S/W : 1 건
공동 2-4 ㈜유엔	6	(F) 실내외 공간정보 토폴로지 및 POI 편집 기술	6-1	데이터 연동을 위한 문헌조사 및 연동 계획	①	문헌조사 보고서	보고서	100%	문헌조사의 적절성	보고서	2%	
					②	연동/연계 방안 보고서	보고서	100%	연동/연계 방안의 적절성	보고서		
			6-2	In&out 연동을 위한 Parser 기술	①	IndoorGML 자동생성기	80점 이상	100%	설계서 문서 적정성 검토	전문가 검토	20%	S/W : 1 건

이				분석		설계서						
					②	IndoorGML 자동생성기 SW 등록	등록여부					
			6-3	IndoorGML 편집 기능 개발 (SW 모듈)	①	SW 모듈 설계 고도화	80점 이상	100%	작동여부 및 기능의 적정성	공인인증 기관검증	24%	학술발표 : 2 건 S/W : 1 건 일자리 창출 : 1 명
			6-4	IndoorGML 통합모델링 및 편집 기술 개발 (SW)	①	기능통합 패키지개발 SW 등록	80점 이상	100%	등록여부 및 기능의 적정성	공인인증 기관검증	35%	논문 : 국내 1 건
			6-5	IndoorGML 통합모델링 및 편집 기술 고도화 (SW)	①	IndoorGML 통합 가시화 SW 등록	80점 이상	-	등록여부 및 기능의 적정성	공인인증 기관검증	18%	특허 : 출원 1 건 등록 1 건
계												특허 : 출원 4 건 등록 4 건 논문 : SCI(E) 3 건 국외 3 건 국내 8 건 학술발표 : 15 건 기고서제출 : 3 건 기고서채택 : 2 건 국내표준제출 : 1 건 국내표준채택 : 1 건 인력양성 : 6 건 기술이전 : 2 건 SW : 8 건 시작품 : 4 건 일자리 창출 : 1 명

[3세부]

구분	핵심성과 (CTE)		단위성과		성과점검기준						양적 성과 건수
					질적 성과지표		목표치	달성치	측정방법	검증방법	가중치	
주관 3-1 부산대학교	1	전체시스템 연계	1-1	전체 시스템구조 설계	①	시스템 통합성	설계서	100%	설계서 검토	설계서 제출	10	SCI(E) 논문 : 3건 국내논문 : 4건 국외학술대회 : 3건 국내학술발표 : 8건 국내 특허 : 출원 3건 등록 1건 인력양성 : 7명 기술이전 : 3건 국제 표준화 : 기고서 제출 3건 기고서 채택 3건 시제품 : 3건 S/W : 2건 성과홍보 : 4건
					②	시스템 연계성						
			1-2	전체 시스템의 인터페이스 설계 (보고서) 각 요소의 기능 정의(보고서)	①	인터페이스 설계의 명료성	설계서 및 기능정의서	100%	설계서 검토	설계서 제출	10	
					②	기능설계의 완전성/명료성						
			1-3	1단계를 위한 1,2세부 결과물 연계 (시스템)	①	연계 인터페이스 정확성	연계 작동여부	100%	연계기능 검토	검토결과 제출	10	
					②	연계 기능						
			1-4	2단계를 위한 1, 2세부 결과물 연계(시스템)	①	연계 인터페이스 정확성	연계 작동여부	100%	연계기능 검토	검토결과 제출	10	
					②	연계 기능						
					③	연계의 단순성						
					④	연계의 확장성						
			1-5	4차년도의 1, 2세부 결과물과 3세부 결과물 연계(시스템)	①	연계 인터페이스 정확성	연계 작동여부	100%	연계기능 검토	검토결과 제출	10	
					②	연계 기능						
					③	연계의 단순성						
	2	테스트베드 기반 구축	2-1	테스트/실증 설계	①	대표적 테스트베드 사이트 선정수	2곳 이상	100%	설계서 검토	설계서 제출	6	
					②	실증 분야선정	2개 이상					
			2-2	테스트베드의 데이터 구축 (보고서) 테스트베드의 최소 시스템 인프라 구축 (보고서)	①	데이터의 대표성	테스트베드 구축	100%	시스템 작동여부	시스템 작동여부 결과 보고서	6	
					②	테스트베드 인프라 구축의 합리성						
			2-3	테스트베드 환경 구축 및 실증업무를 위한 시스템/서비스 구축 (시스템)	①	실증사이트의 적절성	시스템 작동 여부	100%	시스템 작동여부	시스템 작동여부 결과 보고서	6	
					②	실증사이트의 기술적 기여도						
					③	실증사이트의 세계적 인지도						
					④	실증사이트의 동작여부						
					⑤	OIM 운영조직 초안의 지속가능성						
			2-4	테스트베드 및 실증 구축 총괄(시스템)	①	테스트베드 적절성 및 실증서비스 사용자 만족도	80점 이상	100%	전문가 검토	평가서 제출	6	
			2-5	실증/테스트베드 구축 총괄 (시스템)	①	구축된 테스트베드/실증의 활용성 및 파급효과	80점 이상	100%	전문가 검토	평가서 제출	6	
	3	사용자 상황추론 및 실내공간분석 방법론 개발	3-1	실내 단위공간 유형의 분류체계 및 사용자 상황 시나리오 정의	①	실내 단위공간 분류체계 조사의 완전성	보고서 1건	100%	보고서 검토	보고서 제출	4	
					②	실내공간 분류체계	분류 체계 1건					
					③	사용자 시나리오의	2개 이상의					

						대표성	사용자 시나리오					
			3-2	스마트폰의 센서와 실내공간 종류를 이용한 사용자 상황추론방법 (보고서)	①	상황추론방법의 합리성	보고서 제출여부	100%	보고서 검토	보고서 제출	4	
				개발된 방법론 검증 및 개선 (보고서)	②	상황추론의 정확도						
			3-3	실내공간분석 방법론 개발 - 실내공간 분할 방법 개발(보고서)	①	분할원칙의 합리성	분할의 실세계 적절성	100%	분할 방법론 검토	보고서 제출	4	
					②	복잡도의 현실 반영성						
			3-4	실내공간 분할 기준 정의 및 도구 개발 (2개 이상의 유형)(SW)	①	분할도구로 분할된 공간의 합리성 및 자동화 정도	보고서 제출여부	100%	보고서 검토	보고서 제출	4	
					②	상식적 유형분류와 유사성						
			3-5	실내공간 분할 기준 정의 및 도구를 확장 (5개 이상의 유형) (SW)	①	분할도구로 분할된 공간의 합리성 및 자동화 정도	보고서 제출여부	100%	보고서 검토	보고서 제출	4	
공동 3-2 서울시립대	4	실내재난 시뮬레이션 모델 개발	2-1	IndoorGML을 활용한 화재 대피 시뮬레이션 기법	①	IndoorGML과 FDS를 연계한 에이전트 기반 화재 대피 시뮬레이션 모델	100%	100%	동일 시뮬레이션 환경에서의 상용 SW와의 비교 실험	SCI(E) 급 논문 게재 및 API 운영	10	국외논문(SCI) : 1건 국내논문 : 6건 국외학술발표 : 4건 국내학술발표 : 9건 특허 : 출원 2건 등록 1건 SW : 1건 인력양성 : 석사 5명 기술이전 : 1건 성과홍보 : 1건
					2-2	실시간 재실자 분포 모니터링 기법	①	실시간 재실자 분포 모니터링 테스트베드 구축			100%	
			2-2	실시간 재실자 분포 모니터링 기법 (시스템)	①	실시간 모니터링 데이터의 정확도	100%		성능점검표 및 전문가 평가	성능 점검표 및 전문가 평가서 제출	4	
					②	재난 상황에서의 활용성	90%				6	
공동 3-3 코디스페이스	5	시각장애인 음성기반 실내지도 서비스	5-1	요구사항 분석 및 기능사양 정의	①	시각 장애인 요구사항 분석	90% 이상		자체 측정	자체 보고서	7	특허 : 출원 1 건
					②	IndoorGML과 연동 기능 분석	90% 이상		자체 측정	자체 보고서	6	
					③	서비스 기능 정의서 작성	서비스 기능 정의서 1건		자체 측정	서비스 기능 정의서	7	
			5-2	시제품 개발	①	서비스 설계의 적절성	80%		전문가 평가	전문가 평가서	6	특허 : 출원 1 건 시제품 : 1 건
					②	기능 구현의 완전성	80%		기능 테스트	테스트보고서	7	
					③	기능 구현의 완전성	80%		기능 테스트	테스트 보고서	7	
			5-3	시범 서비스 개발 및 테스트 베드 적용	①	보완명세서 적절성	80%		보안명세서	외부 참여 기관 확인서	4.7	특허 : 출원 1 건 등록 1 건 시제품 : 1 건
					②	음성 안내 위치정확도 : 5M 이내(90%)	90%		외부기관과 테스트 절차 협의	외부기관 검증(TTA)	3.1	
					③	서비스 기능 구현 완전성	80%				6.1	
					④	테스트베드 협약, 실내 지도	100%		테스트 베드에서 시연	협약서 또는 확인서 (테스트	6.1	

						구축의 적절성				베드제공자)		
공동 3-5 가이아쓰리디	7	OpenIndoor Map 조사 및 설계	7-1	OpenStreetMap의 시스템 운영 현황 조사	①	사례분석	분석 보고서 1건	보고서	보고서	보고서제출	4	
				OpenStreetMap의 시스템 구조 및 기능적 설계	①	설계서 검토	설계서 1건	설계서	설계서	설계서 제출	6	
		OpenIndoorMap 서버 개발 및 시범 구축	7-2	OIM(OpenIndoorMap) 서버의 구축(시스템)	①	시스템 통합성	80점 이상	85	전문가 평가	전문가 평가서 제출	2	시제품 : 1건 S/W : 1건
				CityGML, IndoorGML -> F4D 변환기능 개발(SW)	①	기능 정확성 (F4D변환율)	80%	100%	성능 점검표	성능 점검 결과서 제출	4	
				클라이언트 가시화 기능	①	기능 정확성 (객체정보표시)	80%	100%	성능 점검표	성능 점검 결과서 제출	3	
						기능 정확성 (선택/이동)	80%	100%				
				IndoorGML의 Network Path를 이용한 Browsing 지원도구 개발 (SW)	①	기능 정확성 (Network Path 추출)	80%	100%	성능 점검표	성능 점검 결과서 제출	3	
						기능 정확성 (Browsing)	80%	100%				
				OIM 시범 서비스 시작: 시범 실내공간지도를 확보(Prototype)	①	테스트 베드 (데이터 연계성)	80점이상	90	전문가 평가	전문가 평가서 제출	8	
		OpenIndoorMap 서비스 공개	7-3	타 세부 생성 자료 기반 서비스 시작(시스템)	①	시스템 통합성	80점 이상	-	전문가 평가	전문가 평가서 제출	6	상용화 : 1건 S/W : 1건
				실증 사이트를 중심으로 서비스 지역 확대(시스템)	①	시스템 연계성	80점 이상	-	전문가 평가	전문가 평가서 제출	4	
		OpenIndoorMap 서버의 개선 및 Open API 서비스 탑재	7-4	OpenIndoorMap 서비스 개선(시스템)	①	시스템 안정성	80점 이상	-	전문가 평가	전문가 평가서 제출	4	S/W : 1건 성과홍보 : 1건
				OpenIndoorMap Open API 탑제(설계서)	①	연계기술의 완벽성	80점 이상	-	전문가 평가	전문가 평가서 제출	6	
		OpenIndoorMap의 지속적 서비스를 위한 기반구축	7-5	서비스 통계 기능 추가(시스템)	①	기능의 정확성	80점 이상	-	전문가 평가	전문가 평가서 제출	2	상용화 : 1건 시제품 : 1건 S/W : 1건
				지속적 운영을 위한 시스템 설계/운영 등의 정보를 포함한 제품화(운영자/개발자 매뉴얼)	①	서비스의 만족도	80점 이상	-	전문가 평가	전문가 평가서 제출	8	
공동 3-4 마늘랩	6	실내재난대응 솔루션 개발	6-1	화재 대피 시뮬레이션 시스템	①	시뮬레이션 성능 안정성	90%		외부기관 테스트	외부기관 검증	4	SW : 1건 시제품 : 1건 상용화 : 1건 성과홍보 : 1건
			6-2	실시간 인원감지 모니터링 시스템	①	모니터링 성능 안정성	90%		외부기관 테스트	외부기관 검증	4	
			6-3	재난대응 솔루션 통합 및 멀티플랫폼 확장	①	통합 시스템 (PC 버전) 안정성	80%		외부기관 테스트	외부기관 검증(TTA)	4	
					②	멀티플랫폼 연동 안정성	80%		외부기관 테스트	외부기관 검증(TTA)	4	
공동 3-6 피플앤드테크	6	실내재난대응 솔루션 개발	6-1	화재 대피 시뮬레이션 시스템 및 실시간 인원감지 모니터링 시스템	①	성능 안정성	100%		자체 테스트	자체 테스트	8	시제품: 2건 S/W: 2건
			6-2	재난대응 솔루션 통합 및 멀티플랫폼 확장	①	통합 시스템 (PC 버전) 안정성	80%		외부기관 테스트	외부기관 검증(TTA)	4	
					②	멀티플랫폼 연동 안정성	80%		외부기관 테스트	외부기관 검증(TTA)	4	
			6-3	재난대응	①	기능 구현의	90%		외부기관	외부기관	4	

놀러지				구조지원 시스템 모바일 앱 개발		완전성			테스트	검증(TTA)		
공동 3-7 어빌리티 시스템즈	7	시각장애인 음성기반 실내지도 서비스	5-4	실제 테스트베드 사이트에 서비스 적용	①	음성 안내(측위) 정확도 5m 이하 90%	80%		자체 테스트	자체테스트 보고서	5.7	특허 : 출원 1 건 등록 1 건 시제품 : 1 건 S/W : 1 건
					②	실내 측위 구축 도구 기능 구현의 완전성	80% (기능 테스트)		자체 테스트	자체테스트 보고서	3.8	
					③	음성 안내 완전성	80% (기능 테스트)		자체 테스트	자체테스트 보고서	3	
					④	음성 UI/UX 기능의 완전성	80% (기능 테스트)		자체 테스트	자체테스트 보고서	4.7	
					⑤	테스트베드에 서비스 기능의 완전성	100% (시나리오 테스트)		자체 테스트	자체테스트 보고서	2.8	
			5-5	상용화 버전 개발 및 서비스 장소 확대	①	기능 구현의 완전성	100% (기능 테스트)		외부기관과 테스트 절차 협의	외부기관 검증(TTA)	5.2	특허 : 출원 1 건 등록 1 건 상용화 : 1 건 S/W : 1 건
					②	기능 구현의 완전성	100% (기능 테스트)				4.1	
					③	AWS에 서비스 플랫폼 OPEN	100%				3.5	
					④	서비스 확대	1 장소 이상 (보고서 1건)		서비스 지역 관 할 확인	보고서 및 확인서	7.2	
계												논문 : SCI(E) 4 건 국내 10 건 특허 : 출원 10 건 등록 5 건 국내학술발표 : 17 건 국외학술발표 : 8 건 기고서제출 : 3 건 기고서채택 : 3 건 인력양성 : 12 건 기술이전 : 4 건 SW : 14 건 시제품 : 9 건 상용화 : 4 건 성과홍보 : 6 건

2) 세부별 정량목표 달성도

[1세부]

구분			목표/달성	달성도(%)	비고
국외 논문 게재	SCI(E)		5 /12	240%	
	비SCI		1 / 0	0%	
	계		6 / 12	200%	
국내 논문 게재	SCI		-	-	
	비SCI		1 / 3	300%	
	계		1 / 3	300%	
학술 발표	국외		4 / 17	425%	
	국내		21 / 26	123%	
	계		25 / 43	172%	
특허 출원	국내		5 /13	260%	
	국외		0 / 4	-	
	계		5 / 17	340%	
특허 등록	국내		5 / 7	140%	
	국외		-	-	
	계		5 / 7	140%	
인력 양성	학사		-	-	
	석사		5 / 7	140%	
	박사		4 / 6	150%	
	계		9 / 13	144%	
기술 이전	계약 건수		2 / 3	150%	
	계약액		1000 만원	1000 만원	
	징수액		2,1000 만원	2,1000 만원	
국제 표준화	기고서 제출		-	-	
	기고서 채택		-	-	
국내 표준화	표준안 제출		-	-	
	표준안 채택		-	-	
등록·기탁 대상 성과물	보고서 원문		1 / 1	100%	
	연구시설·장비		-	-	
	기술요약정보		-	-	
	생명자원	생명정보	-	-	
		생물자원	-	-	
		신품종	-	-	
	소프트웨어		16 / 20	125%	
	화학물		-	-	
기타	시제품		7 / 7	100%	
	외부기관 인증		3 / 4	133%	
	성과홍보		6 / 6	100%	

[2세부]

구분			목표/달성	달성도(%)	비고
국외 논문 게재	SCI(E)		3 / 5	167	
	비SCI		3 / 7	233	
	계		6 / 12	200	
국내 논문 게재	SCI		-	-	
	비SCI		8 / 3	37.5	질적 상향 달성
	계		8 / 3	37.5	질적 상향 달성
학술 발표	국외		5 / 11	220	
	국내		10 / 21	210	
	계		15 / 32	213	
특허 출원	국내		4 / 4	100	
	국외		-		
	계		4 / 4	100	
특허 등록	국내		4 / 3	75	등록심사 중
	국외		-		
	계		4 / 3	75	등록심사 중
인력 양성	학사		2 / 2	100	
	석사		3 / 3	100	
	박사		1 / 0	-	
	계		6 / 5	83.3	
기술 이전	계약 건수		2 / 3	150	
	계약액		3000만원	-	
	징수액		3000만원	-	
국제 표준화	기고서 제출		3 / 4	133	
	기고서 채택		2 / 2	100	
국내 표준화	표준안 제출		1 / 1	100	
	표준안 채택		1 / 1	100	
등록·기탁 대상 성과물	보고서 원문		0 / 1	추가달성	
	연구시설·장비			-	
	기술요약정보			-	
	생명자원	생명정보		-	
		생물자원		-	
		신품종		-	
	소프트웨어		8 / 22	250	
	화학물			-	
기타	시제품		4 / 8	200	
	일자리 창출		1 / 6	600	

[3세부]

구분			목표/달성	달성도(%)	비고
국외 논문 게재	SCI(E)		4 / 5	100	
	비SCI		-	-	
	계		4 / 5	100	
국내 논문 게재	SCI		-	-	
	비SCI		10 / 4	40	
	계		10 / 4	40	
학술 발표	국외		8 / 15	185	
	국내		17 / 18	88	
	계		25 / 33	116	
특허 출원	국내		10 / 9	90	
	국외		-	-	
	계		10 / 9	90	
특허 등록	국내		5 / 5	100	
	국외		-	-	
	계		5 / 5	100	
인력 양성	학사		-		
	석사		11 / 9	82	
	박사		1 / 2	200	
	계		12 / 11	91	
기술 이전	계약 건수		4 / 2	50	
	계약액		-	-	
	징수액		2,300만원	-	
국제 표준화	기고서 제출		3 / 2	66	
	기고서 채택		3 / 2	66	
국내 표준화	표준안 제출		-	-	
	표준안 채택		-	-	
등록·기탁 대상 성과물	보고서 원문		-	-	
	연구시설·장비		-	-	
	기술요약정보		-	-	
	생명자원	생명정보	-	-	
		생물자원	-	-	
		신품종	-	-	
	소프트웨어		14 / 26	185	
	화학물		-	-	
기타	시제품		9 / 11	85	
	사업화		4 / 4	100	
	수상		0 / 2	-	
	성과홍보		6 / 6	100	

(3) 세부 정량적 연구개발성과

[과학적 성과]

□ 논문(국내외 전문 학술지) 게재

번호	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCIE 여부 (SCIE/비SCIE)	게재일	등록번호 (ISSN)	기여율
1	Indoor Reconstruction from Floorplan Images with a Deep Learning Approach	ISPRS International Journal of Geo-Information	Hanme Jang	9(2)	스위스	ISPRS International Journal of Geo-Information	SCIE	20200121	2220-9964	100%
2	Data Model for IndoorGML Extension to Support Indoor Navigation of People with Mobility Disabilities	ISPRS International Journal of Geo-Information	Seula Park	9(2)	스위스	ISPRS International Journal of Geo-Information	SCIE	20200121	2220-9964	100%
3	Deep Floor Plan Analysis for Complicated Drawings Based on Style Transfer	ASCE (American Society of Civil Engineers)	Seongyong Kim	35(2)	미국	ASCE (American Society of Civil Engineers)	SCIE	20201217	1943-5487	100%
4	Framework for Indoor Elements Classification via Inductive Learning on Floor Plan Graphs	ISPRS International Journal of Geo-Information	Jaeyoung Song	10(2)	스위스	ISPRS International Journal of Geo-Information	SCIE	20210222	2220-9964	100%
5	Evaluation of Deep Learning-Based Automatic Floor Plan Analysis Technology: An AHP-Based Assessment	Applied Sciences	Hyunjung Kim	11(11)	스위스	Applied Sciences	SCIE	20210521	2076-3417	100%
6	A Method for Text Information Separation from Floorplan Using SIFT Descriptor	대한원격탐사학회지	신용희	34(4)	대한민국	대한원격탐사학회	비SCIE	20180831	1225-6161	100%
7	건물 대피안내도를 활용한 실내 네트워크 구축 기법 연구	한국방재학회논문집	박슬아	18(7)	대한민국	한국방재학회	비SCIE	20181231	1738-2424	50%
8	Detection and Compensation of Degeneracy Cases for IMU-Kinect Integrated Continuous SLAM with Plane Features	SENSORS	조현기	18	Switzerland	MDPI	SCIE	2018.03.22	1424-8220	33%
9	NormNet: Point-wise normal estimation network for three-dimensional point cloud data	International Journal of Advanced Robotic Systems	현장훈	16		SAGE	SCIE	2019.07.04	1729-8814	33%
10	Modeling of Architectural Components for Large-Scale Indoor Spaces From Point Cloud Measurements	Robotics and Automation Letters	임가현	5	USA	IEEE	SCIE	2020.02.26	2377-3766	100%

11	다양한 실내공간 점군 데이터에서의 효과적인 3차원 평면 추출법	전자공학회 논문지	오유진	57	대한민국	대한전자공학회	비SCIE	2020.10.07	2287-5026	100%
12	Automatic Reconstruction of Multi-Level Indoor Spaces from Point Cloud and Trajectory	SENSORS	임가현	21	Switzerland	MDPI	SCIE	2021.05.17	1424-8220	100%
13	A Two-Step Optimization for Extrinsic Calibration of Multiple Camera System (MCS) Using Depth-Weighted Normalized Points	Robotics and Automation Letters	구건희	6	USA	IEEE	SCIE	2021.07.02	2377-3766	100%
14	Development of a Wide Area 3D Scanning System with a Rotating Line Laser	SENSORS	이재호	21	Switzerland	MDPI	SCIE	2021.06.04	1424-8220	100
15	Development of Data Fusion Method Based on Topological Relationships Using IndoorGML Core Module	Journal of Sensors	Junho Park	2018		Hindawi	SCIE	20180513	1687-7268	100
16	Using Omnidirectional Images for Semi-Automatically Generating IndoorGML Data	Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography	Claridades, Alexis Richard	제36권 제5호	Korea	Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography	비 SCIE (Scopus)	20181017	1598-4850	50
17	실내 공간정보 활용을 위한 세밀도 모델	한국측량학회지	강혜영	36(6)	대한민국	한국측량학회	비SCIE	2018.12.31.	1598-4850	100
18	How to extend IndoorGML for Seamless Navigation beteen Indoor and Outdoor Space	Web and Wireless Geographical Information Systems	Taehoon Kim		Japan	W2GIS	비 SCIE (Scopus)	2019.05.16.		100
19	Integrating IndoorGML and IndoorPOI Data for Navigation Application in Indoor Space	Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography	Claridades, Alexis Richard,	제37권 제5호	Korea	Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography	비 SCIE (Scopus)	20191031	1598-4850	100
20	Developing a Data Fusion Strategy Between Omnidirectional Image and IndoorGML Data	International Archives of the Photogrammetry and Remote Sensing and Spatial Information Sciences	Claridades, Alexis Richard,	Volume 42-4, working group 19	Phillippines	International Society of Photogrammetry and Remote Sensing	비 SCIE (Scopus)	20191114	2194-9034	100
21	시각장애인 실내보행용 앱 개발을 위한 욕구 및 선호 연구	한국시각장애교육재활학회	조성재	Vol.36 No.4	대한민국	한국시각장애교육재활학회	비SCIE	2020.12.31.	1229-2486	100

22	Developing a Data Model of Inoor Points of Interest to Supprot Location-Based Services	Journal of Sensors	Claridades, Alexis Richard,	2020	UK	Hindawi	SCIE	20200801	1687-7268	100
23	Integrating Image and Network-Based Topological Data through Spatial Data Fusion for Indoor Location-Based Services	Journal of Sensors	Claridades, Alexis Richard,	2020	UK	Hindawi	SCIE	20200919	1687-7268	100
24	IFC를 이용한 IndoorGML 데이터 자동 생성에 관한 연구 -Primal Space를 중심으로-	한국측량학회지	남상관	38(6)	대한민국	한국측량학회	비SCIE	2020.12.31	1598-4850	
25	Defining a model for integrating indoor and outdoor network data to support seamless navigation applications	International Journal of Geo-Information	Claridades, Alexis Richard,	제10권		International Society of Photogrammetry and Remote Sensing	SCIE	20210821	2220-9964	100
26	Towards Representing Transitional Spaces: Developmental Direction for IndoorGML Anchor Node	International Archives of the Photogrammetry and Remote Sensing and Spatial Information Sciences	Claridades, Alexis Richard	XLVI-4/W4-2021	USA	International Society of Photogrammetry and Remote Sensing	비 SCIE (Scopus)	20211007	2194-9034	50
27	Comparative Analysis of Building Models to Develop a Generic Indoor Feature Model	Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography	Kim, Misun	제39권 제5호	Korea	Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography	비 SCIE (Scopus)	20211031	1598-4850	100
28	ESTABLISHING INDOOR SUBSPACING REQUIREMENTS OF AN LOD (LEVEL OF DETAIL) MODEL FOR GENERATING NETWORK-BASED TOPOLOGICAL DATA	International Archives of the Photogrammetry and Remote Sensing and Spatial Information Sciences	Claridades, Alexis Richard	XLVI-4/W6-2021	Philippine	International Society of Photogrammetry and Remote Sensing	비 SCIE (Scopus)	20211118	2194-9034	50
29	An Indoor Space Subspacing Framework for Implementing a 3D Hierarchical Network-Based Topological Data Model	International Journal of Geo-Information	Alexis Richard C. Claridades	제11권 제2호		MDPI	SCIE	20220109	2220-9964	50

30	Fire Evacuation Simulation Considering the Movement of Pedestrian	The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences	이재영	XLII-4/W9	스위스	ISPRS	비SCIE	2018-08-01	1574-0846	
31	Simplification of geometric objects in an indoor space	ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing	김준석	147	스위스	ISPRS	SCI(E)	2019-01-19	0924-2716	
32	A Flexible Framework for Covering and Partitioning Problems in Indoor Spaces	ISPRS Int. J. Geo-Inf.	김성환	9(11)	스위스	ISPRS	SCI(E)	2020-10-23	2220-9964	
33	포인트 클라우드를 이용한 IndoorGML 데이터의 자동적 구축	한국측량학회지	김성환	6호	대한민국	한국측량학회지	비SCIE	2020-01-08	1598-4850	
34	An extended floor field model considering the spread of fire and detour behavior	Physica A: Statistical Mechanics and its Applications	이민혁	577	네덜란드	Elsevier	SCI(E)	2021-05-05	0378-4371	
35	대기시간 최소화를 위한 강화학습 기반 교차로 신호 모형	대한공간정보학회지	구자운	28	대한민국	대한공간정보학회	비SCIE	2020-11-25	2287-6693	
36	연기 확산을 고려한 에이전트 기반 피난 모델	대한공간정보학회지	이민혁	27	대한민국	대한공간정보학회	비SCIE	2019-11-22	2287-6693	
37	Improving Room-Level Location for Indoor Trajectory Tracking with Low IPS Accuracy	ISPRS Int. J. Geo-Inf.	김태훈	10(9)	스위스	ISPRS	SCI(E)	2021-09-16	2220-9964	

□ 국내 및 국제 학술회의 발표

번호	회의 명칭	발표 내용	발표자	발표 일시	장소	국명
1	2017 공동 추계학술대회	도로명주소 기반 하이브리드 주소정보 제안	김성용	20171027	대한민국	대한민국
2	2017 공동 추계학술대회	교통약자용 실내외 연계 경로안내 서비스를 위한 네트워크 데이터 모델 제안	박슬아	20171027	대한민국	대한민국
3	2018 International Conference on Computer Graphics and Virtuality (ICCGV 2019)	Designing of Indoor Linkable Pedestrian Network Data Model for the Transportation Vulnerable	박슬아	20180226	일본	일본

4	2018 International Conference on Computer Graphics and Virtuality (ICCGV 2019)	Proposal for a Method of Extracting Road Layers from Remote Sensing Images Using Conditional GANs	김성용	20180226	일본	일본
5	2018 한국측량학회 정기학술발표회	SIFT matching을 활용한 도면 이미지에서의 Text/Graphics 분리기법 제안	신용희	20180420	대한민국	대한민국
6	10th International Conference on Geographic Information Science (GIScience 2018)	Application of Style Transfer in the Vectorization Process of Floorplans	김성용	20180830	오스트레일리아	오스트레일리아
7	10th International Conference on Geographic Information Science (GIScience 2018)	Automatic Wall Detection and Building Topology and Property of 2D Floor Plan	장한메	20180830	오스트레일리아	오스트레일리아
8	18th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2018	A STUDY ON GENERATION METHODOLOGY OF AN INDOOR NETWORK USING BUILDING EVACUATION MAP	박슬아	20180703	불가리아	불가리아
9	2018 한국지형공간정보학회 춘계학술대회	실내공간정보 구축을 위한 스캔한 건물 평면도에서 벽면 자동 추출 방법 연구	장한메	20180518	대한민국	대한민국
10	The 2018 11th International Congress on Image and Signal Processing, BioMedical, Engineering and Informatics (CISP-BMEI 2018)	Semantic Segmentation in Architectural Floor Plans for Detecting Walls and Doors	양종현	20181013	중국	중국
11	4th International Conference on Smart Data Smart Cities	The use of Deep Learning to Extract Relevant Data from Floorplan for 3D Modeling	김지엽	20191003	말레이지아	말레이지아
12	15th Conference on Location Based Services	Automatic Floor Matching for 3D Indoor Spatial Modeling	박슬아	20191112	오스트레일리아	오스트레일리아
13	15th Conference on Location Based Services	Topology and Semantic based Automatic Indoor Space Subdivision from 2D Floor Plan	권선	20191112	오스트레일리아	오스트레일리아
14	2020 대한공간정보학회 춘계학술대회	도면 벡터화 개선을 위한 딥러닝 세그멘테이션의 활용	김주영	20200612	대한민국	대한민국
15	2020 대한공간정보학회 춘계학술대회	Graph Neural Network를 이용한 실내 도면 객체 분류	송재영	20200612	대한민국	대한민국
16	2020 대한공간정보학회 춘계학술대회	대규모 건물 대상의 패치를 활용한 CNN 기반의 도면 해석	서한유	20200612	대한민국	대한민국
17	2020 대한공간정보학회 추계학술대회	실내 객체 그래프를 활용한 도면 벡터화 기법 연구	서한유	20201120	대한민국	대한민국
18	한국정밀공학회 추계학술대회	Event camera 기반 3차원 특징점 추출	장범철	2017.12.14	곤지암리조트	대한민국
19	대한전자공학회 하계종합학술대회	카메라와 3D LiDAR를 이용한 초해상도 3차원 RGB-D 이미지 생성 기법	구건희	2018.06.27	제주도	대한민국
20	Ubiquitous Robots	Generating Indexed Grid Map from Trajectory of a Camera	김주형	2018.06.28	Hawaii Convention Center	USA
21	Ubiquitous Robots	Indoor Edge without Light Effects using Invariant Image	임가현	2018.06.28	Hawaii Convention Center	USA
22	한국로봇종합학술대회	LiDAR 및 카메라를 이용한 RGB-D데이터 생성 방법	전창현	2018.01.22	휘닉스 평창	대한민국
23	IEEE International Conference on Real-time Computing and Robotics	Via-Point Generation for Mobile Robot Path Planning Aid using Environment Analysis and CNN-based Learning	안지호	2018.08.01	Kandima	Maldives
24	제 30회 영상처리 및 이해에 관한 워크샵	3D PCD 기반 2D 도면 추출 기법	김태연	2018.02.07	메종 글래드 제주 호텔	대한민국
25	Ubiquitous Robots	Realistic Indoor Structure Modeling	임가현	2019.06.25	제주	대한민국

26	Ubiquitous Robots	Extrinsic Calibration of Camera and LiDAR based on the Analytical Error Propagation in Plane Estimation and Measurement	구건희	2019.06.25	제주	대한민국
27	Ubiquitous Robots	Development of a scanning stabilization system for indoor mobile robots	김대호	2019.06.25	제주	대한민국
28	대한전자공학회 하계종합학술대회	Precise Visual Loop Closure Detection for LiDAR-based SLAM	허재영	2019.06.27	제주	대한민국
29	대한전자공학회 하계종합학술대회	Plane Extraction for 3D Indoor Structure Modeling	오유진	2019.06.27	제주	대한민국
30	한국로봇종합학술대회	이미지의 평면 추정 불확실성과 Point Cloud의 평면 측정 불확실성을 고려한 카메라와 LiDAR의 외부 파라미터 교정 기법	구건희	2019.01.20	휘닉스 평창	대한민국
31	한국로봇종합학술대회	실내공간 구조 추출을 위한 포인트 클라우드 노이즈 제거 방법	전창현	2019.01.20	휘닉스 평창	대한민국
32	한국로봇종합학술대회	삼각형 메쉬로 구성된 3차원 데이터의 face normal 통일 방법	김주형	2019.01.20	휘닉스 평창	대한민국
33	한국로봇종합학술대회	인접 평면 정보를 이용한 실내 공간 구조 모델링 방법	임가현	2019.01.20	휘닉스 평창	대한민국
34	한국로봇종합학술대회	SLAM 기반 실내 지도에의 푸아송 표면 재구성을 위한 파이프라인 구축	조현기	2019.01.20	휘닉스 평창	대한민국
35	한국로봇종합학술대회	대형 실내 공간 3차원 모델링을 위한 이동 로봇 기반 시스템 설계	박정재	2019.01.20	휘닉스 평창	대한민국
36	SIGGRAPH	TeeVR: Spatial Template-Based Acquisition, Modeling, and Rendering of Large-Scale Indoor Spaces	도락주	2019.07.28	LA Convention Center	USA
37	IEEE IROS	Automatic Spatial Template Generation for Realistic 3D Modeling of Large-Scale Indoor Spaces	현장훈	2019.11.03	Macau	China
38	한국로봇종합학술대회	선형적 오차 전파를 이용한 평면 매개변수 오차의 구축과 타당성 검증	구건희	2020.08.17	휘닉스 평창	대한민국
39	한국로봇종합학술대회	직육면체 물체의 부분 점구름 정보를 이용한 직육면체 모델링 방법	정운형	2020.08.17	휘닉스 평창	대한민국
40	한국자동차공학회 부산 울산 경남지회 추계학술대회	선형 오차 전파를 이용한 멀티 카메라 시스템에 대한 고정밀 외부 파라미터 교정 기법	구건희	2020.10.22	부산 (온라인)	대한민국
41	IEEE ICRA	Analytic Plane Covariances Construction for Precise Planarity-based Extrinsic Calibration of Camera and LiDAR	구건희	2020.05.31	Paris (virtual)	France
42	한국로봇종합학술대회	SLAM 모델을 이용한 실내 이미지 기반 위치 인식	현장훈	2021.05.20	휘닉스 평창	대한민국
43	Ubiquitous Robots	6D Pose Estimation Using Detection Networks and RANSAC-based Global Registration	황현호	2021.07.12	강릉 (Hybrid)	대한민국
44	한국산학기술학회 2018년 춘계학술대회논문집	BIM/CAD 기반 실내공간정보 자동 구축을 위한 선행 연구 분석 및 프로세스 도출	이우식	20180525	Korea	Korea
45	International Conference on Convergence Content(ICCC2018)	Prototype Development of IndoorGML Editor using CityGML Data	최현상	20181217	Korea	Korea
46	2019 대한건축학회 추계학술대회	Revit을 활용한 CityGML 데이터 생성방법에 대한 연구	양재광	20191101	Korea	Korea
47	2019 대한공간정보학회 추계학술대회	CAD 데이터를 활용한 IndoorGML 변환에 대한 연구	최현상	20191101	Korea	Korea
48	International Conference on Convergence Content 2020	A Study on IndoorGML Data Generation Method Using Revit	양재광	20201112	Korea	Korea
49	International Conference on Convergence Content 2020	A Study on the Generation of IndoorGML Using AutoCAD	최현상	20201112	Korea	Korea
50	한국산학기술학회 2020추계학술대회	광역검진 에너지 관리를 위한 공간정보 데이터 플랫폼 구축 방안	최현상	2020.11.27.	Korea	Korea
51	한국산학기술학회 2020추계학술대회	BIM/GIS 기반 건축물 지진안전 통합 관리시스템 구축 방안	양재광	2020.11.27.	Korea	Korea
52	CDE학회 하계학술대회	실내공간모델을 위한 InddorGML 모델 구축 방법	양재광	2021.08.25.	Korea	Korea

53	한국 측량학회 2018 정기 학술 발표회	위상관계 기반의 데이터 융합 방법 개발	안다솔	20180420	Korea	Korea
54	Geomatics & Geospatial Technology International Conference 2018	Defining Geospatial Data Fusion Methods based on Topological Relationships	안다솔	20180904	Malaysia	Malaysia
55	2019 한국측량학회 정기학술발표회	IndoorGML-based Topological Data Generation from Omnidirectional Image	알랙시스 리차드 클라리다데스 외 2인	20190412	Korea	Korea
56	W2GIS 2019	How to Extend IndoorGML for Seamless Navigation Between Indoor and Outdoor Space	Taehoon Kim 외 2인	20190516	Japan	Japan
57	2019 KAGIS Fall Conference & ICSANE2019	실내 네비게이션 가시화를 위한 전방위 영상과 IndoorGML의 데이터 연계 방법	클라리데스 알렉시스 리차드 외 2인	20191031	Korea	Korea
58	PhilGEOS x GeoAdvances 2019	Developing a Data Fusion Strategy between Omnidirectional Image and IndoorGML Data	Alexis Richard C. Claridades 외 2인	20191115	Philippines	Philippines
59	2020 한국측량학회 정기학술발표회	머신러닝을 활용한 지오코딩의 주소매칭 개선방안	이강재	20200702	Korea	Korea
60	2020 KAGIS 추계학술대회	건물 모델 비교 분석을 통한 IndoorGML 확장으로서의 피쳐 모델 개발	이강재	20201112	Korea	Korea
61	2020 KAGIS 추계학술대회	Space Syntax를 적용한 실내 공간 환경 측정	Claridades Alexis Richard	20201113	Korea	Korea
62	한국지리정보학회 학술대회	실내공간정보 관리 지능화를 위한 요소기술 도출	강혜영	2017.11.03.	대구 텍스타일 콤플렉스	대한민국
63	대한공간정보학회 공동추계학술대회	3차원 공간데이터 활용 서비스를 위한 세밀도 정의에 관한 연구	강혜영	2018.11.02.	제주대학교 아라컨벤션홀	대한민국
64	International Conference on Convergence Content(ICCC)	Empirical Study for the Linkage and Utilization of Building Information Based on National Geo-Spatial Information	강혜영	2018.12.17.	ICC 제주국제컨벤션센터	대한민국
65	International Conference on Computer Science and its Applications(CSA)	Effective Data Transfer Method using Local Network in Building IoT Environments	변휘림	2018.12.17.	Kuala Lumpur	말레이시아
66	한국지리정보학회 공동추계학술대회	3차원 공간정보 활용을 위한 기하 단순화 설계 및 구현	하민호	2019.11.01.	서울시립대학교	대한민국
67	한국지리정보학회 공동추계학술대회	IFC를 활용한 Indoor희 데이터 자동 생성 방법	장한메	2019.11.01.	서울시립대학교	대한민국
68	한국지리정보학회 공동추계학술대회	IndoorGML Databased 저장 및 관리 기법	곽준영	2019.11.01.	서울시립대학교	대한민국
69	International Conference on Computer Science and its Applications(CSA)	Fault Response Scheme through Decentralized Network Configuration of Private Cloud-based Disaster Monitoring Service	변휘림	2019.12.18.	Macau	중국
70	한국측량학회 정기학술발표회	실내공간정보 구축을 위한 포인트 클라우드(LAS)데이터 관리방안 연구	남상관	2020.07.03.	온라인	대한민국
71	한국지리정보학회 추계학술대회	3D mesh 데이터를 이용한 3차원 CityGML 데이터 구축 방안	장한메	2020.11.13	제주대학교 아라컨벤션홀	대한민국
72	한국지리정보학회 추계학술대회	실내공간정보 활용을 위한 PaaS기반의 IndoorGML 관리 서비스	강혜영	2020.11.13	제주대학교 아라컨벤션홀	대한민국
73	한국지리정보학회 추계학술대회	클라우드 기반 IndoorGML Database 저장 및 관리 기법 활용사례연구	곽준영	2020.11.13	제주대학교 아라컨벤션홀	대한민국
74	2017 공동 추계학술대회	IndoorGML 데이터 취급을 위한 Java API의 설계	정혜미	2017-10-27	전라북도 전주 LX한국국토정보공사 본사	대한민국
75	2017 공동 추계학술대회	삼각형 메시 데이터 변환을 통한 실내공간 데이터 생성도구	김동민	2017-10-27	전라북도 전주 LX한국국토정보공사 본사	대한민국
76	FOSS4G 2018-Academic Track	INFACTORY : A RESTFUL API SERVER FOR EASILY CREATING INDOORGML	정혜미	2018-08-30	Dar es Salaam	탄자니아
77	FOSS4G 2018-Academic Track	INDOOR SPATIAL DATA CONSTRUCTION FROM TRIANGLE MESH	김동민	2018-08-30	Dar es Salaam	탄자니아

78	2018 대한공간정보학회	딥러닝을 이용한 점과 포인트 클라우드 다각형의 위치관계 파악 방법	김동민	2018-11-01	제주도	대한민국
79	2019 IPIN	Survey on Indoor Map Standards and Formats	이기준	2019-10-02	Pisa	이탈리아
80	2019 IPIN	From Point Cloud to IndoorGML	이기준	2019-10-02	Pisa	이탈리아
81	대한공간정보학회 2019 추계학술대회	멀티미디어와 3차원 도시모델의 연계를 위한 데이터 모델링	최용복	2019-10-02	서울시립대학교	대한민국
82	3D Geoinfo conference 2020	ARE YOUR INDOORGML FILES VALID?	H.Ledoux	2020-09-03	University College London	영국
83	2020 한국지리정보학회 추계학술대회	IndoorGML과 IMDF간의 데이터 변환 방법에 관한 연구	박신규	2020-11-12	제주	대한민국
84	2020 대한공간정보학회 추계학술대회	IndoorGML을 활용한 COVID-19 실내 전파 분석	아르만	2020-11-20	온라인	대한민국
85	2020 대한공간정보학회 추계학술대회	시각 장애인을 위한 실내 내비게이션 서비스의 요구사항	문정욱	2020-11-20	온라인	대한민국
86	W2GIS 2020	How to Extend IndoorGML for Points of Interest	김태훈	2020-11-13	우한(온라인)	중국
87	한국지형공간정보학회 추계학술대회	화재 확산을 고려한 Floor Field Model 기반 대피모델에 관한 연구	이재영	2017-10-27	전라북도 전주 LX한국국토정보공사 본사	대한민국
88	LBS 2018	Dynamic Evacuation Guidance Considering Occupant Distribution	이민혁	2018-01-16	취리히	스위스
89	한국공간정보학회 2018 공동 추계학술대회	EgresSIM을 이용한 실내 화재 대피 시뮬레이션	이민혁	2018-11-01	제주도	대한민국
90	한국공간정보학회 2018 공동 추계학술대회	시각 이미지를 이용한 심층강화학습기반 보행모델 프로토 타입 개발	이재영	2018-11-02	제주도	대한민국
91	2019 대한공간정보학회 춘계학술대회	IndoorGML과 FDS를 이용한 대피 시뮬레이션	이민혁	2019-05-31	부산 부경대학교	대한민국
92	2019 대한공간정보학회 춘계학술대회	IndoorGML을 활용한 강화학습기반 보행모델	이재영	2019-05-31	부산 부경대학교	대한민국
93	2019 대한공간정보학회 추계학술대회	보행자의 우회행동을 고려한 CA 기반 피난모델	이민혁	2019-11-01	서울시립대학교	대한민국
94	LBS 2019	Evacuation Simulation Considering Fire Spread and Occupants Distribution	이재영	2019-11-11	비엔나 공과대학	오스트리아
95	LBS 2019	A Simulation Method for Adjustment of Public Transportation Routes using Geotagged Smart Card Data	전인우	2019-11-11	비엔나 공과대학	오스트리아
96	2020 대한공간정보학회 추계학술대회	IndoorGML 기반 다층 건물 화재 피난 시뮬레이션	이민혁	2020-11-20	온라인 화상회의	대한민국
97	2020 대한공간정보학회 추계학술대회	강화학습 기반 교통신호 제어 시뮬레이션	구자운	2020-11-20	온라인 화상회의	대한민국
98	110th OGC Technical Committee	SponsorUI/UX for Indoor/Outdoor Seamless Navigation?	신상희	20190225	국외	싱가폴
99	FOSS4G Bucharest 2019	Current Status of mago3D, an Open Source Based Digital Twin Platform	신상희	20190828	국외	루마니아
100	115th OGC Technical Committee	A. Monitoring Indoor Occupancy ? linking SensorThings API and IndoorGML from Gaia3D	정혜미	20200617	국외	미국
101	FOSS4G - ASIA 2021	Introduction to OpenIndoorMap	신상희	20211001	국외	네팔
102	W2GIS 2022	Requirements of Voice Indoor Maps for Visually	이기준	2022-04-28	Konstanz	독일
103	W2GIS 2022	Simulating COVID-19 spreads in indoor space	Arman Assankhanov	2022-04-28	Konstanz	독일
104	2021 공동 추계학술대회 (사)한국측량학회, (사)한국지리정보학회, (사)한국지적학회	시각 장애인을 위한 실내 내비게이션 서비스의 구현	송용수	2021-11-05	제주도	대한민국

105	2021 공동 추계학술대회 (사)한국측량학회, (사)한국지리정보학회, (사)한국지적학회	IndoorGML과 IMDF간의 데이터 변환 도구의 구현에 관한 연구	송용수	2021-11-05	제주도	대한민국
106	2021 대한공간정보학회 추계학술대회	인원 계수 센서와 대피 모델을 이용한 디지털 트윈 서비스	이민혁	20211115	온라인	대한민국

□ 기술 요약 정보

번호	연도	기술명	요약 내용	기술 완성도	등록 번호	활용 여부	미활용사유	연구개발기관 외 활용 여부	허용방식

□ 보고서 원문

번호	연도	보고서 명	발간일	등록 번호
1	2017	사용자 참여기반 실내공간정보 DB 구축을 위한 기술 개발 및 뷰어 플러그인 개발 1차년도성과보고서	2017.12	자체 보고서
	2020	시각장애인 실내보행용 어플리케이션 개발을 위한 수요자 욕구와 전문가 대상 포커스 그룹 연구	2020.12.31	-

□ 생명자원(생물자원, 생명정보)/화합물

번호	생명자원(생물자원, 생명정보)/화합물 명	등록/기탁 번호	등록/기탁 기관	발생 연도

[기술적 성과]

□ 지식재산권(특허, 실용신안, 의장, 디자인, 상표, 규격, 신품종, 프로그램)

번호	구분	지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재)	국명	출원			등록			기여율	활용 여부
				출원인	출원일	출원번호	등록인	등록일	등록번호		
1	특허	SIFT 구분자를 활용한 실내도면 이미지에 서의 텍스트 정보 구축 방법	대한민국	신용희, 김정옥, 유기윤	20190306	10-2019-0025736	신용희, 김정옥, 유기윤	2020-05-06	10-1098550-0000	100%	
2	특허	스마트폰 카메라를 이용한 CNN과 AR기반의 공간 속성 탐지 방법 및 그 장치	대한민국	권선, 유기윤	20210416	10-2021-0050129				100%	
3	특허	패치기반의 딥러닝 알고리즘을 통한 실내도면 이미지에서의 실내공간정보 자동추출방법 및 그 장치	대한민국	김현정, 김성용, 유기윤	20210907	10-2021-0119056				100%	
4	특허	형태론적 연산에 기반한 공간 기하 정보의 노이즈 제거 방법 및 장치	대한민국	고려대학교 산학협력단, 재단법인 실감교류 인체감응 솔루션연구단, ㈜티랩스	2017.12.29	10-2017-0184218	고려대학교 산학협력단, 재단법인 실감교류 인체감응 솔루션연구단, ㈜티랩스	2018.12.05	10-1927861	33%	

5	특허	공간 기하 정보의 노이즈 제거 방법 및 장치	대한민국	고려대학교 산학협력단, 재단법인 실감교류 인체감응 솔루션연구단, ㈜티랩스	2017.12.29	10-2017-0184217	고려대학교 산학협력단, 재단법인 실감교류 인체감응 솔루션연구단, ㈜티랩스	2018.11.15	10-1920823	33%	
6	특허	가상벽을 이용한 3차원 실내공간의 분할 방법 및 장치	대한민국	고려대학교 산학협력단, 재단법인 실감교류 인체감응 솔루션연구단, ㈜티랩스	2018.08.22	10-2018-0098208	고려대학교 산학협력단, 재단법인 실감교류 인체감응 솔루션연구단, ㈜티랩스	2019.06.12	10-1990634	50%	
7	특허	실내공간의 3차원 지도 생성 방법 및 장치	대한민국	고려대학교 산학협력단	2018.09.28	10-2018-0116195				100%	
8	특허	실측 깊이정보를 이용한 정밀한 360 이미지 제작기법	대한민국	고려대학교 산학협력단	2018.10.04	10-2018-0118379				100%	
9	특허	투영 이미지 보완 방법 및 장치	대한민국	고려대학교 산학협력단	2018.11.05	10-2018-0134460				100%	
10	특허	점군 데이터의 3차원 직육면체 모델링 방법 및 장치	대한민국	고려대학교 산학협력단, ㈜티랩스	2018.12.06	10-2018-0156395	고려대학교 산학협력단, ㈜티랩스	2020-09-07	10-2155021-0000	100%	○
11	특허	실내공간의 3차원 지도 생성 방법 및 장치	유럽연합	고려대학교 산학협력단	2019.04.01	19166491.1				100%	
12	특허	실내공간의 3차원 지도 생성 방법 및 장치	일본	고려대학교 산학협력단	2019.03.29	2019-068450				100%	
13	특허	실내공간의 3차원 지도 생성 방법 및 장치	중국	고려대학교 산학협력단	2019.04.03	201910264233.5				100%	
14	특허	실측 깊이정보를 이용한 정밀한 360 이미지 제작기법	PCT	고려대학교 산학협력단	2019.10.04	PCT/KR2019/013030				100%	
15	특허	3차원 공간 모델 생성 방법 및 장치	대한민국	고려대학교 산학협력단	2020.12.23	10-2020-0182380				100%	
16	특허	인접 평면 정보를 이용한 3차원 공간 모델 제작 방법	한국	고려대학교 산학협력단, ㈜티랩스	2020.12.29.	10-2020-0186284	고려대학교 산학협력단, ㈜티랩스	2021-10-29	10-2321704	100%	
17	특허	측정센서의 위치를 추정하는 장치 및 그 방법	한국	고려대학교 산학협력단, ㈜티랩스	2021.11.12	10-2021-0155905	-	-	-	100%	
18	특허	공간정보 변환시스템 및 그 방법	대한민국	한국건설기술연구원, (주)유엔이	2018.12.20	10-2018-0166751	한국건설기술연구원, (주)유엔이	2019.12.12	10-2057402	100%	O

19	특허	공간 객체 데이터 경량화 방법, 공간 객체 데이터 경량화 장치 및 컴퓨터 프로그램	대한민국	㈜올포랜드	2019.11.14	10-2019-0145556	㈜올포랜드	2020.12.11	10-2192714	100%	
20	특허	공간정보 전환시스템 및 그 방법	대한민국	㈜유엔이	20.10.06	10-2020-0128924	㈜유엔이	21.08.20	-	100%	O
21	특허	실내외 내비게이션을 위한 연결공간 기반 실내외 공간 네트워크 데이터 연계시스템 및 방법	대한민국	서울시립대학교 산학협력단	2021.12.16	10-2021-0180329	-	-	-	100%	
22	특허	위치기반 사물인터넷을 위한 위치기반 시스템 온칩 모델	대한민국	부산대학교 산학협력단	2018-11-07	10-2018-0136161	부산대학교 산학협력단	2020-05-12	10-1124170-0000	100	
23	특허	동적 대피 유도 시스템 및 그 방법	대한민국	서울시립대학교 산학협력단	2019-01-30	10-2019-0012096				100	
24	특허	대중교통 경로 탐색 서버 및 방법	대한민국	서울시립대학교 산학협력단	2019-04-17	10-2019-0045029	서울시립대학교 산학협력단	2021-04-14	10-2242422-0000	50	
25	상표	OpenIndoorMap	대한민국	가이아쓰리디(주)	예정	예정	예정	예정	예정	100%	○
26	특허	음성 지도 정보 처리 장치 및 방법	대한민국	코디스페이스(㈜	2017-11-29	10-2017-0161629	㈜신관산업	2020-06-05	10-2122083	100%	
27	특허	실내공간에서 사용자의 걸음 진행방향과 위치를 추정하는 방법 및 시스템	대한민국	코디스페이스(㈜	2018-10-23	10-2018-0127015	코디스페이스㈜	2019-09-23	10-2026398	100%	
28	특허	스마트 단말을 이용한 낙상 감지방법	대한민국	코디스페이스㈜	2019-10-25	10-2019-0133800	롯데정보통신(주)	2021-06-23	10-2270767	100%	
29	특허	격자기반 파티클 필터를 이용한 실내 측위 시스템 및 그 방법	대한민국	㈜어빌리티시스템즈 외 1명	2020-11-05	10-2020-0146519				100	
30	특허	지구 구면 절대 좌표계(위도 경도)와 직각 평면 상대 좌표계(X, Y) 간의 좌표변환 방법	대한민국	㈜ 어빌리티시스템즈 외 1명	2021-09-27	10-2020-0146519				100	
31	특허	화재 대피 시뮬레이션 장치 및 방법	대한민국	서울시립대학교	2021-09-29	10-2021-0128542				100	
32	상표	OpenIndoorMap	대한민국	가이아쓰리디(주)	2021-09-29	40-2021-0198757				100	○

ㅇ 지식재산권 활용 유형

번호	제품화	방어	전용실시	통상실시	무상실시	매매/양도	상호실시	담보대출	투자	활용 예정	기타
10				○							
18				○							
19		○								○	
20				○							
21										○	
24										○	

□ 저작권(소프트웨어, 서적 등)

번호	저작권명	창작일	저작자명	등록일	등록번호	저작권자명	기여율
1	3D(쓰리디) 실내 정보 구축을 위한 2D(투디) 실내 객체 벡터화 모듈	20201005	서한유, 송재영, 유기윤	20201028	C-2020-038380	서울대학교 산학협력단	100%
2	CNN(컨볼루션뉴럴 네트워크) 모델을 활용한 대규모 공간 대상 도면의 세그먼테이션	20201023	김성용, 유기윤	20201102	C-2020-038886	서울대학교 산학협력단	100%
3	평면 측정 기반 카메라와 라이다 사이의 자세 전환값의 미세보정 프로그램	2018.06.01	고려대학교 산학협력단	2018.08.14	C-2018-020722	고려대학교 산학협력단	100%
4	고정밀 고해상도 RGB-D(색상-깊이) 이미지 생성 프로그램	2018.06.01	고려대학교 산학협력단	2018.08.14	C-2018-020721	고려대학교 산학협력단	100%
5	사진상 2차원 잡음 수준에 따른 3차원 평면 추정 데이터 생성 프로그램	2019.10.01	고려대학교 산학협력단	2019.10.29	C-2019-030630	고려대학교 산학협력단	100%
6	사진기가 찍은 3차원 평면에 대하여, 고정된 자세로 존재하는 광학거리측정기가 측정한 동일 3차원 평면에 대한 데이터 생성 프로그램	2019.10.01	고려대학교 산학협력단	2019.10.29	C-2019-030631	고려대학교 산학협력단	100%
7	평면 기반 비표적 라이다 좌표축 정합 프로그램	2020.10.28	고려대학교 산학협력단	2020.11.04	C-2020-039267	고려대학교 산학협력단	100%
8	가우시안 혼합 모델 기반 비표적 라이다 좌표축 정합 프로그램	2020.10.28	고려대학교 산학협력단	2020.11.04	C-2020-039511	고려대학교 산학협력단	100%
9	두 점군에 대한 3차원 변환 관계 추정 프로그램	2021.01.25	고려대학교 산학협력단	2021.07.21	C-2021-029190	고려대학교 산학협력단	100%
10	멀티 카메라 시스템의 3차원 좌표계 시각화 프로그램	2021.01.25	고려대학교 산학협력단	2021.07.21	C-2021-029189	고려대학교 산학협력단	100%
11	이미지 기반 벡터라이징 JOSM 플러그인	2018.11.05	(주)신한항업	2018.11.07	C-2018-030577	(주)신한항업	100%
12	ML 기반 벡터라이징 JOSM 플러그인	2018.11.05	(주)신한항업	2018.11.07	C-2018-030578	(주)신한항업	100%

13	Indoor Spatial(실내공간) Helper(제작도움) JOSM(자바 오픈 스트리트맵)	2019.11.01	(주)신한항업	2019.11.13	C-2019-033313	(주)신한항업	100%
14	Indoor Spatial(실내공간) Helper(제작도움) JOSM(자바 오픈 스트리트맵) v1.2	2020.11.02	(주)신한항업	2020.11.30	C-2020-046274	(주)신한항업	100%
15	Indoor Spatial(실내공간) Helper(제작도움) JOSM(자바 오픈 스트리트맵) 3D Viewer	2020.11.02	(주)신한항업	2020.11.30	C-2020-046274	(주)신한항업	100%
16	Indoor Spatial(실내공간) Helper(제작도움) JOSM(자바 오픈 스트리트맵) v1.2	2021.12.01	(주)신한항업	2021.12.27	C-2021-058344	(주)신한항업	100%
17	Web Viewer for GLRF(GLTF를 위한 웹뷰어)	2020.10.14	티랩스	2020.11.04	C-2020-039431	티랩스	100%
18	ROS Driver for Sony RX0(Sony RX0용 ROS 드라이버)	2020.07.01	티랩스	2020.11.04	C-2020-039432	티랩스	100%
19	Ladybug 360 Raw Image Extractor(Ladybug Camera용 360도 이미지 추출기)	2020.09.23	티랩스	2020.11.04	C-2020-039433	티랩스	100%
20	Robot Controller(로봇 컨트롤러)	2020.09.23	티랩스	2020.11.04	C-2020-039434	티랩스	100%
21	AutoCAD기반 CityGML 변환프로그램 1.0	2019.11.01	한국건설기술연구원	2019.11.01	C-2019-031169	한국건설기술연구원	100%
22	Revit기반 CityGML 변환프로그램 1.0	2019.11.01	한국건설기술연구원	2019.11.01	C-2019-031170	한국건설기술연구원	100%
23	기계학습 기반 캐드 레이어 자동정제 프로그램	2019.11.08	한국건설기술연구원	2019.11.08	C-2019-033811	한국건설기술연구원	100%
24	IndoorGML 지원을 위한 CityGML 가시화 프로그램	2019.11.08	한국건설기술연구원	2019.11.08	C-2019-033810	한국건설기술연구원	100%
25	IndoorGML 제작을 위한 AutoCAD Plug-In 프로그램v0.8	2020.11.12	한국건설기술연구원	2020.11.12	C-2020-042816	한국건설기술연구원	100%
26	IndoorGML 제작을 위한 Revit Plug-In 프로그램v0.8	2020.11.12	한국건설기술연구원	2020.11.12	C-2020-042817	한국건설기술연구원	100%
27	CityGML(시티지엠엘) 기반 CityJSON(시티제이슨) 포맷 변환 프로그램	2018.10.16.	주식회사 올포랜드	2018.11.20.	C-2018-034071	주식회사 올포랜드	100%
28	실내공간정보 공간객체 단위 데이터베이스 저장/관리 모듈	2019.09.24.	주식회사 올포랜드	2019.10.14.	C-2019-028330	주식회사 올포랜드	100%

29	IFC(아이에프씨) 실내공간 포맷 변환 프로그램	2020.10.19.	주식회사 올포랜드	2020.11.04.	C-2020-039515	주식회사 올포랜드	100%
30	실내공간정보 공간객체단위 데이터 질의 모듈	2020.10.19.	주식회사 올포랜드	2020.11.04.	C-2020-039516	주식회사 올포랜드	100%
31	수요 서비스별 LOD(세밀도) 변환 프로그램	2020.10.19.	주식회사 올포랜드	2020.11.04.	C-2020-039517	주식회사 올포랜드	100%
32	클라우드 기반 실내공간정보 공간객체단위 저장관리 모듈 고도화	2020.10.19.	주식회사 올포랜드	2020.11.04.	C-2020-039518	주식회사 올포랜드	100%
32	IndoorGML(실내공간정보) 자동생성기 S/W(소프트웨어)	2018.10.18	㈜유엔이	2018.10.25	C-2018-028394	㈜유엔이	100%
33	GML V-Converter (지엠엘 브이 컨버터)	2019.09.30	㈜유엔이	2019.10.30	C-2019-030812	㈜유엔이	100%
34	공간정보 변환툴	2019.09.30	㈜유엔이	2019.10.30	C-2019-030813	㈜유엔이	100%
35	IndoorGML(인도어지엠엘) 공간정보 좌표정합 모듈	2019.09.30	㈜유엔이	2020.10.12	C-2020-034476	㈜유엔이	100%
36	IndoorGML(인도어지엠엘) 시각화 뷰어 모듈	2019.03.02	㈜유엔이	2020.10.12	C-2020-034477	㈜유엔이	100%
37	스캐치업 프로그램상의 IndoorGML(인도어지엠엘) 파일 Import(임포트) 모듈	2020.09.25	㈜유엔이	2020.09.25	C-2020-034479	㈜유엔이	100%
38	스캐치업 프로그램상의 IndoorGML(인도어지엠엘) 파일 Export(익스포트) 모듈	2020.09.25	㈜유엔이	2020.09.25	C-2020-034478	㈜유엔이	100%
39	IndoorGML Validation 가시화 모듈	2021.09.24	㈜유엔이	2021.09.24.	C-2021-038541	㈜유엔이	100%
40	IndoorGML (인도어지엠엘) 제작을 위한 AutoCAD Plug-In (오토캐드 플러그인) 프로그램(v1.1)	2021.11.11	한국건설기술연구원	2021.11.23	C-2021-049303	한국건설기술연구원	100%
41	IndoorGML (인도어지엠엘) 제작을 위한 Revit Plug-In (레빗플러그인) 프로그램(v1.1)	2021.11.11	한국건설기술연구원	2021.11.23	C-2021-049304	한국건설기술연구원	100%
42	InEditor	2018.03.21	이기준,정수희	2018.11.12	C-2018-031618	부산대학교 산학협력단	100%
43	InFactory	2018.08.31	이기준,정혜미	2018.11.12	C-2018-031619	부산대학교 산학협력단	100%
44	InViewer	2018.03.21	이기준,유형규	2018.11.12	C-2018-031620	부산대학교 산학협력단	100%
45	시모젠(SIMOGen)	2020.01.28	부산대학교 산학협력단	2020.10.27	C-2020-037952	부산대학교 산학협력단	100%

46	인코비드(InCOVID)	2020.09.13	부산대학교 산학협력단	2020.10.27	C-2020-037953	부산대학교 산학협력단	100%
47	인팩토리포아이엠디에프(InFactory4IMDF)	2020.09.21	부산대학교 산학협력단	2020.10.27	C-2020-037954	부산대학교 산학협력단	100%
48	티카(TICA)	2020.02.01	부산대학교 산학협력단	2020.10.27	C-2020-037955	부산대학교 산학협력단	100%
49	이그레심 위드 에프디에스(EgresSIM with FDS)	2018.11.01	전철민, 남현우, 이민혁, 이재영	2018.11.23	C-2018-034450	서울시립대학교 산학협력단	100%
50	EgresSIM Builder with IndoorGML	2019.11.01	전철민, 남현우, 이민혁, 이재영	2020.01.02	C-2020-000373	서울시립대학교 산학협력단	100%
51	공간데이터베이스를 활용한 기자재 관리 어플리케이션	2020.09.17	전철민, 강동훈, 양민강, 김의중	2020.10.21	C-2020-036592	서울시립대학교 산학협력단	100%
52	재난대응용 실내공간정보 편집도구 및 뷰어	2018.11.18	㈜마늘랩	2018.11.20	C-2018-033831	㈜마늘랩	100%
53	실내재난대응 화재 대피 시뮬레이션	2019.10.25	주식회사 마늘랩	2019.11.04	C-2019-031822	주식회사 마늘랩	100%
54	실내재난대응 구조지원 시스템	2019.10.25	주식회사 마늘랩	2019.11.04	C-2019-031823	주식회사 마늘랩	100%
55	OpenIndoorMap 오픈인도어맵	2018.11.27	가이아쓰리디(주)	2018.12.17	C-2018-038445	가이아쓰리디(주)	100%
56	OpenIndoorMapv2.0.0 오픈인도어맵v2.0.0	2020.11.09	가이아쓰리디(주)	2020.12.01	C-2020-041738	가이아쓰리디(주)	100%
57	OpenIndoorMapv3.0.0 오픈인도어맵v3.0.0	2021.09.14	가이아쓰리디(주)	2021.12.09	C-2021-054130	가이아쓰리디(주)	100%
58	OpenIndoorMap Admin v1.0.0 오픈인도어맵 관리자v1.0.0	2021.09.14	가이아쓰리디(주)	2021.12.09	C-2021-054131	가이아쓰리디(주)	100%
59	소방활동 지원용 모바일 애플리케이션	2020.10.01	주식회사 피플앤드테크놀러지	2020.10.22	C-2020-037138	주식회사 피플앤드테크놀러지	100%
60	실내공간정보 시각화를 위한 뷰어	2020.10.01	주식회사 피플앤드테크놀러지	2020.10.22	C-2020-037137	주식회사 피플앤드테크놀러지	100%
61	열 연기 확산 재실자 이동 시뮬레이션	2020.10.01	주식회사 피플앤드테크놀러지	2020.10.22	C-2020-036889	주식회사 피플앤드테크놀러지	100%
62	실시간 재실자 연동 실내화재대피 어플리케이션	2021.08.01	주식회사 피플앤드테크놀러지	2021.10.05	C-2021-039346	주식회사 피플앤드테크놀러지	100%
63	공간친숙도와 보행자의존도를 적용한 화재대피 시뮬레이터	2021.08.01	주식회사 피플앤드테크놀러지	2021.10.05	C-2021-039347	주식회사 피플앤드테크놀러지	100%
64	음성지도용 실내측위 안드로이드 라이브러리	2020.10.1.	㈜어빌리티시스템즈	2020.10.19.	C-2020-035946	㈜어빌리티시스템즈	100%
65	하이브리드 실내측위 엔진 라이브러리	2020.10.1.	㈜어빌리티시스템즈	2020.10.19.	C-2020-035947	㈜어빌리티시스템즈	100%

66	안드로이드 스마트폰에서 실내 위치를 생성하는 라이브러리 Android IPS SDK Library	2021.09.09	㈜어빌리티시스템즈	2021.09.28	C-2021-038502	㈜어빌리티시스템즈	100%
97	IOS 스마트폰에서 실내 위치를 생성하는 프레임워크 프로그램 iOS IPS SDK Frameworks	2021.09.09	㈜어빌리티시스템즈	2021.09.28	C-2021-038501	㈜어빌리티시스템즈	100%

□ 신기술 지정

번호	명칭	고시일	보호기간	지정번호

□ 기술 및 제품 인증

번호	인증 분야	인증기관	인증 내용		인증 획득일	국가명
			인증명	인증번호		
1	시험성적서	와이즈스톤	Indoor Spatial helper v1.0	201911-VSW-137-R	2019.12.13	대한민국
2	시험성적서	와이즈스톤	Indoor Spatial helper v1.0	202012-VSW-322-R	2020.12.31	대한민국
3	시험성적서	와이즈스톤	Indoor Spatial helper v1.3	202111-VSW-466-R	2021.12.23	대한민국
4	시험성적서	KTL	TeeE	21-059025-01-1	2021.10.14.	대한민국
5	V&V	TTA	오픈인도어맵 v1.0.0	BT-B-19-0219	2020.02.06	대한민국
6	V&V	TTA	오픈인도어맵 v2.0.0	BT-B-20-0164	2021.02.05	대한민국
7	V&V	TTA	오픈인도어맵 v3.0.0	BT-B-21-0313	2021.11.26	대한민국
8	시험성적서	TTA	실내재난대응 솔루션 v2.0	TTA-21-1748	2021.11.18	대한민국
9	V&V	TTA	InEditor/InFactory v1.0	TBT-C-19-0078-GR	2020.01.20	대한민국
10	V&V	TTA	삼각형 메쉬기반 저작도구(TICA) v1.0	TBT-C-19-0070-GR	2020.01.20	대한민국

□ 표준화

o 국내표준

번호	인증구분	인증여부	표준명	표준인증기구명	제안주체	표준종류	제안/인증일자
	단체표준	채택	실내 공간 데이터 모델 (Indoor Spatial Data Model)	TTA	공간의 위상 관계, 피처 속성 및 항목 간 관계, 기하 정보 기술	신규	2021.03.31. (2021.12.08. 제정 예정)

o 국제표준

번호	표준화단계 구분	표준명	표준기구명	표준분과명	의장단 활동여부	표준특허 추진여부	표준개발 방식	제안자	표준화 번호	제안일자
1	국제표준(IS)	Anchor Node Extension in IndoorGML – Seamless Navigation between Indoor and Outdoor Space	Open Geospatial Consortium (OGC)	IndoorGML SWG	O	X	국제표준(IS)	김경숙, 이지영	OGC 19-004r1	2019.02.05
2	국제표준(IS)	An Extension Model to attach Points of Interest into IndoorGML	Open Geospatial Consortium (OGC)	IndoorGML SWG	O	X	국제표준(IS)	김경숙, 이지영	OGC 20-054	2020.06.01
3	국제표준(IS)	Feature-based IndoorGML Extension	Open Geospatial Consortium (OGC)	IndoorGML SWG	O	X	국제표준(IS)	김경숙, 이지영	21-010 (채택 이전)	2021.03.01
5	NP	Automatic Generation Methodology of IndoorGML from IFC	ISO	OGC	X	X	TR	강혜영	20-056	2020.06.01
6	기고서 채택	IndoorGML 1.0.3	Open Geospatial Consortium (OGC)	IndoorGML SWG	O	X	국제표준(IS)	이기준, 이지영	OGC 14-005r5	2018.03.09
7	표준 채택	IndoorGML 1.1	Open Geospatial Consortium (OGC)	IndoorGML SWG	O	X	국제표준(IS)	이기준, 이지영	OGC 14-005r5	2020.11.05

[경제적 성과]

□ 시제품 제작

번호	시제품명	출시/제작일	제작업체명	설치장소	이용분야	사업화 소요 기간	인증기관 (해당 시)	인증일 (해당 시)
1	스마트폰을 위한 TeeVR Viewer APK	2020.04	㈜티랩스	㈜티랩스	-	-	-	-
2	TeeE	2021.09	㈜티랩스	㈜티랩스	-	-	KTL	2021.10.14
3	TeePot	2021	㈜티랩스	㈜티랩스	-	-	-	-
4	능동형 외란 감쇠 장치	2018.11	자체조립	한양대	로봇 센서	1년	-	-
5	착용형 스탬을 위한 외람 감쇠 장치 시작품	2019.11	자체조립	한양대	공간스캔	1년	-	-
6	고화질 공간 스캔을 위한 센서 시스템	2020.11	자체조립	한양대	공간스캔	1년	-	-
7	공간 스캔 시스템 최적화 시작품	2021.11	자체조립	한양대	공간스캔	1년	-	-
8	CAD자료의 3차원 실내공간정보 표준포맷 변환을 위한 시작품(SW)	2018.12.15 [2-1]	초록소프트	한국건설기술연구원	공간정보변환	-	-	-
9	CityGML의 IndoorGML 변환을 위한 속성 편집 및 SPACE Editor 시작품(SW)	2018.12.15 [2-1]	영진기술주식회사	한국건설기술연구원	공간정보변환	-	-	-
10	CAD SW(AutoCAD)기반 Plug-In 프로토타입 개발(SW)	2019.12.15 [2-1]	인트라테크	한국건설기술연구원	공간정보변환	-	-	-
11	BIM SW(Revit)기반 Plug-In 프로토타입 개발(SW)	2019.12.15 [2-1]	인트라테크	한국건설기술연구원	공간정보변환	-	-	-
12	IndoorGML 제작을 위한 AutoCAD Plug-In 프로그램v0.8	2020.11.13 [2-1]	인트라테크	한국건설기술연구원	공간정보변환	(2021년 기술이전)	KCL	2020.11.16
13	IndoorGML 제작을 위한 Revit Plug-In 프로그램v0.8	2020.11.13 [2-1]	인트라테크	한국건설기술연구원	공간정보변환		KCL	2020.11.16
14	IndoorGML 제작을 위한 AutoCAD Plug-In 프로그램v1.1	2021.11.30 [2-1]	인트라테크	한국건설기술연구원	공간정보변환	-	KCL	2021.11.20
15	IndoorGML 제작을 위한 Revit Plug-In 프로그램v1.1	2021.11.30 [2-1]	인트라테크	한국건설기술연구원	공간정보변환	-	KCL	2021.11.20
16	InEditor(SW)	2018.03.21	부산대학교	GitHub	IndoorGML 데이터 생성			
17	InFactorySW)	2018.08.31	부산대학교	GitHub	IndoorGML 데이터 생성			
18	InViewer(SW)	2018.03.21	부산대학교	GitHub	IndoorGML 데이터 시각화			
19	IndoorGML 제작을 위한 삼각형 메쉬 편집 프로그램(TICA)	2020.10	부산대학교	GitHub	PCD to IndoorGML 데이터 생성			
20	오픈인도어맵v3.0	2021.12.1	가이아쓰리디(주)	AWS	3차원 실내공간자료 공유 서비스			
21	소방활동 지원용 모바일 어플리케이션	2020.10	주식회사 피플앤드테크 놀러지	모바일 앱	소방활동 지원용 모바일 어플리케이션			
22	재난대응 구조지원 시스템 PC버전	2020.10	주식회사 피플앤드테크 놀러지	PC 앱	재난대응 구조지원 시스템 PC버전			
23	소방활동 지원용 모바일 어플리케이션 v2.0	2021.9	주식회사 피플앤드테크	모바일 앱	소방활동 지원용 모바일			

			놀러지		어플리케이션 v2.0			
24	재난대응 구조지원 시스템 PC 버전 v2.0	2021.9	주식회사 피플앤드테크 놀러지	PC 앱	재난대응 구조지원 시스템 PC 버전 v2.0			
25	시각장애인 음성기반 실내지도 서비스 앱 (V.1)	2020.10.	㈜ 어빌리티시스템즈	모바일 앱	시각장애인 음성기반 실내지도 서비스	2020.01 -2020.10		
26	시각장애인 음성기반 실내지도 서비스 앱 (V.2)	2021.10	㈜ 어빌리티시스템즈	모바일 앱	시각장애인 음성기반 실내지도 서비스	2020.01 -2021.10		

□ 현장적용

번호	적용기술명	적용일	발주기관명	적용 연구개발기관명	적용현장명(장소)
1	IndoorGML 제작을 위한 AutoCAD Plug-In 프로그램(SW)	2020년	한국건설기술연구원	한국건설기술연구원	한국건설기술연구원(본원)
2	클라우드 기반의 실내공간정보 활용 서비스(SaaS) 기술	2021년	서울특별시	㈜올포랜드	서울시 S-MAP
3	스캐치업기반의 IndoorGML Plug In 프로그램(SW)	2021년	서울시-연구단 공동 테스트베드	㈜유엔이	서울시 테스트베드 (에스플렉스센터)
4	스캐치업기반의 IndoorGML Plug In 프로그램(SW)	2021년	국토지리정보원 (대한공간정보학회)	㈜유엔이	2021년 실내공간정보사업 (동대구역사)
5	OGC-NIST Polit Project	2018.8.12	OGC, ,NIST	부산대학교	
6	실내측위 및 음성지도	2021.09	한국지리	㈜ 어빌리티시스템즈	동대구역

□ 기술 실시(이전)

번호	기술 이전 유형	기술 실시 계약명	기술 실시 대상 기관	기술 실시 발생일	기술료	
					발생 연도	발생액(천원)
1	기술실시	기술이전 계약(특허양도)_실내공간의 3차원 지도 생성 방법 및 장치 외	(주)티랩스	2019.07.30	2019 / 2020	20,000 / 180,000
2	기술이전	센서간 캘리브레이션 기술이전	주식회사 피치랩	2020.08.01.	2020	10,000
3	기술이전	센서간 캘리브레이션 기술이전	위드로봇(주)	2021.10.01.	2021	5,000
4	통상실시	실내공간정보 제작을 위한 CityGML 가시화 및 정보 처리 기술	㈜유엔이	2020.04.01.	2020	10,000
5	통상실시	IndoorGML을 이용한 실내공간의 근접성 및 연결성 분석 기술	㈜유엔이	2020.11.01.	2020	10,000
6	통상실시	IndoorGML 데이터 제작을 위한 BIM/CAD 데이터 전처리 및 변환 기술	㈜인트라테크	2021.06.01.	2021	10,000
7	기술실시(노하우)	IndoorGML 데이터의 생성을 위한 RESTful 서버(InFactory 엔진)	유엔이	2018.11.05	2018	3,000
8	기술실시(특허)	Object tracking apparatus and method, and sensor position designating method	(주)피플앤드테크놀러지	2020.11.10	2020	20,000

□ 사업화 투자실적

번호	연도	투자 자금 성격*	추가 연구개발 투자(천원)	설비 투자(천원)	기타 투자(천원)	합계(천원)

□ 사업화 현황

번호	사업화 방식	사업화 형태	지역	사업화명	내용	업체명	매출액		매출 발생 연도	기술 수명
							국내 (천원)	국외 (달러)		
1	용역	실내공간모델 제작 용역	대한민국	실내 공간 스캔 민 3D모델 제작	지정된 대상지역에 대하여 실내 스캔 및 3D모델 제작	대한공간정보학회	10,000	-	2021	-
2	자가실시	신제품 개발	국내	K-SIM 공간정보 솔루션 개발	주요 기능으로 IndoorGML 포맷을 분석하여 해당 용역사인 KT에서 지정된 건축물에 대해 표준데이터 포맷인 IndoorGML 데이터로 변환하는 기능을 개발	유엔이	83,000	-	2020	-
3	자기실시	신제품 개발	국외	OGC 3D IoT Platform for Smart Cities Pilot (3D IoT Pilot)	스마트시티의 활용 기반이 되는 국제표준포맷(CityGML, IndoorGML)을 기반으로 디지털 트윈 기본데이터를 구축하고, IoT 센서로부터 국제표준포맷(SensorThings API)을 기반으로 실내 재실자 실시간 감지 및 실외 미세먼지 분석 등의 공간정보 인프라 기반 마련	OGC		1,500	2020	
4	자기실시	신제품 개발	국내	LH 디지털트윈 플랫폼 1단계 구축용역	LH는 데이터를 기반으로 한 시민의 삶을 편리하게 하고 도시의 현재와 미래를 효율적으로 관리하기 위해 해당 사업을 발주함. 기존의 지형과 건물 데이터를 직관적으로 가시화하기 위해 3차원 공간 정보 플랫폼을 구축하기로 결정. GIS/속성 데이터들을 접목해서 다양한 관점에서 도시를 관리. 기존의 BIM데이터를 공간 정보와 접목해서 단순히 가시화 하는 것을 너	한국토지주택공사	40,902		2020, 2021	5년

					머 미래의 도시 계획을 예측하고 효율적인 의사 결정을 도울 시뮬레이션 기능을 구현 IoT 시스템을 통해 수집된 생활과 밀접한 데이터(미세먼지, 실내 공간 재실자 수 현황 파악 등)를 GIS 데이터와 연관해서 표출하는 기능 등을 제공.기존에 존재하는 여러 3차원 스마트 시티 플랫폼과의 차별점을 두었다.					
5	자기실시	기존 제품 개선	국내	LH 디지털트윈 플랫폼 2단계 구축용역	LH는 도시데이터를 융·복합하여 신도시업무 의사결정을 지원하는 디지털트윈에 대한 수요 증가로 디지털트윈 플랫폼 1단계 구축(20.7~21.3월) 도시성장단계별(계획·설계·건설·관리) 입체적, 종합적 분석과 시뮬레이션을 통해 다양한 문제의 최적 해법 마련을 위한 시스템 고도화 필요하여 2단계 구축 진행(21.7~22.5) - 주요 과업 내용 ◦ LH 디지털트윈 플랫폼 확장 ◦ 도시계획·건설단계 서비스 개발 - 3기 신도시 사전청약 지원 서비스 구현 - AI 기반 도시·건축 통합계획 입체적 분석 기능 개발 - 교통체계 최적화 지원 서비스 개발 - 3D 소음분석결과 가시화 서비스 개발 - 3D 지하시설물 가시화 서비스 개발 - 3D IoT기반 건설현장 안전관리 서비스 개발 - 1단계 디지털트윈 서비스 보완 개발 - 이중에서 3D IoT기반 건설현장 안전관리 서비스에 건설현장 실내 재실자 현황 파악 등에 IndoorGML 기술을 적용하여 개발 예정	한국토지주택공사	17,164		2021, 2022	4년
6	구축 계약	서비스 앱 전달	동대구역	용역	음성지도 서비스 구축	㈜어빌리티시스템즈	9,100		2021	5년

□ 매출 실적(누적)

번호	사업화명	발생 연도	매출액		합계	산정 방법
			국내(천원)	국외(달러)		
1	21년 서울시 SMap(Virtual Seoul) 플랫폼 구축 SFR_001 시스템공통기능 : IndoorGML 데이터 관리기술	2021	112,780	-	112,780	전체 사업 (1,127,800,000)의 약 10% 규모산정 112,780,000
2	K-SIM 공간정보 솔루션 개발	2020	83,000	-	83,000	사업화 성과확인서 제출 (R&D 기여율 20%)
3	OGC 3D IoT Platform for Smart Cities Pilot (3D IoT Pilot)	2020		1,500	18,537	환율(1달러=1235.8원) 적용 매출액에 연구 기여도 100% 적용
4	LH 디지털트윈 플랫폼 1단계 구축용역	2020, 2021	40,902		40,902	VAT별도,2020~2021년 매출 합 사업 총 금액은 395,379백만원 해당 사업의 제안요청서, 과업지시서, 견적서, 사업수행계획서 등을 분석하여 연구 기여도 10.35%를 산출. 해당 매출액은 이를 적용한 금액임
5	LH 디지털트윈 플랫폼 2단계 구축용역	2021, 2022	17,164		17,164	VAT별도,2021~2022년 예상 매출 합 사업 총 금액은 858,185백만원 해당 사업의 제안요청서, 과업지시서, 견적서, 사업수행계획서 등을 분석하여 연구 기여도 2%를 산출. 해당 매출액은 이를 적용한 금액임
6	동대구 역사 음성지도 서비스 구축	2021, 2022	9,100		9,100	계약서 내 용역비
합계			262,946	1,500	281483	

□ 사업화 계획 및 무역 수지 개선 효과

성과			실내공간정보 관리 지능화 요소기술		
사업화 계획	사업화 소요기간(년)		3년		
	소요예산(천원)		100,000		
	예상 매출규모(천원)		현재까지	3년 후	5년 후
			112,780	300,000	500,000
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년 후	5년 후
		국내	5%	10%	15%
		국외	-	-	5 %
	향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획		실내공간정보 관리 지능화 요소기술에 대한 솔루션화 MapPrime InG (가칭) 사업화전략 수립 (홍보영상, 제품화, 마케팅 등)		
무역 수지 개선 효과(천원)	수입대체(내수)		현재	3년 후	5년 후
			5%	10%	15%
	수 출		-	2%	5%

성과			K-SIM 공간정보 솔루션 개발		
사업화 계획	사업화 소요기간(년)		2020.01.01. ~ 2020.12.31(1년)		
	소요예산(천원)		83,000		
	예상 매출규모(천원)		현재까지	3년 후	5년 후
			83,000	450,000	900,000
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년 후	5년 후
		국내	1%	15%	32%
		국외	0%	2%	5%
	향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획		-		
무역 수지 개선 효과(천원)	수입대체(내수)		현재	3년 후	5년 후
			-	-	-
	수 출		-	-	-

성과			OGC(국외), LH토지주택공사 등에서 실용화 성공		
사업화 계획	사업화 소요기간(년)		2019년부터 실용화에 성공하였으며, 2022년부터 본격 클라우드 서비스 예정으로 사업화 성공까지 소요기간은 3년 내외로 예상		
	소요예산(천원)		900,000		
	예상 매출규모(천원) * 관련 용역 사업 포함		현재까지	3년 후	5년 후
			1,270,000	25,000,000	3,500,000
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년 후	5년 후
		국내	50%	40%	30%
		국외	2%	3%	5%
	향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획		GeoAI와 결합한 새로운 서비스인 City In-Site 계획 중		
무역 수지 개선 효과(천원)	수입대체(내수)		현재	3년 후	5년 후
			100,000	250,000	400,000
	수 출		18,000	200,000	300,000

[사회적 성과]

□ 신진연구자 채용

번호	채용 연구개발기관명	채용일	근로기간	채용인원(명)	채용인원 중 청년인력(명)
1	한국건설기술연구원	2019.02.01	2019.02.01.~현재	1	1
2	㈜유엔이	2019.01.21	2019.01.21.~현재	1	0
3	㈜유엔이	2020.06.29	2020.06.29.~현재	1	0
4	㈜유엔이	2020.05.21	2020.05.21.~현재	1	0
5	㈜유엔이	2020.01.03	2020.01.03.~현재	1	0
6	㈜유엔이	2020.07.01	2020.07.01.~2020.12.31	1	1

□ 전문 연구 인력 양성

번호	분류	연도	현황(명)										
			학위별				성별		지역별				
1	신용희	2018	박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타
				o			o		o				
2	김성용	2018	박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타
				o			o		o				
3	권선	2021	박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타
				o				o	o				
4	박슬아	2021	박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타
			o					o	o				
5	송재영	2021	박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타
				o			o		o				
6	장범철	2018	박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타
				o			o		o				
7	전창현	2018	박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타
			o				o		o				
8	강재현	2018	박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타
			o				o		o				
9	최형아	2019	박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타
			o					o	o				
10	조현기	2019	박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타
			o				o		o				
11	김동우	2020	박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타
				o			o		o				
12	오유진	2020	박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타
				o				o	o				
13	현장훈	2021	박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타
			o				o		o				
14	김준호	2017	박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타
				○			○		○				
15	안다솔	2018	박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타
					○		○		○				
16	최지혜	2019	박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타
				○				○	○				
17	안다솔	2019	박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타
				○			○		○				
18	박인혜	2022 (예정)	박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타
			○					○	○				

19	박민지	2022 (예정)	박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타
					○			○			○		
20	김수진	2018	박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타
				○				○			○		
21	양현재	2018	박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타
				○			○		○				
22	정혜미	2019	박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타
				○							○		
23	볼렛 아자마트	2019	박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타
				○							○		
24	김동민	2019	박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타
				○							○		
25	남현우	2019	박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타
			○						○				
26	최용복	2020	박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타
				○							○		
27	김병곤	2020	박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타
				○							○		
28	이재영	2020	박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타
				○					○				
29	전인우	2020	박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타
				○					○				
30	김태훈	2021	박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타
			○								○		

□ 다른 국가연구개발사업에의 활용

번호	연도	중앙행정기관명	사업명	연구개발과제명	연구책임자	연구개발비(천원)
1	2020	과학기술정보통신부	한국건설기술연구원 주요사업	공공데이터 기반 건물에너지 광역 검진 기술 개발(1)	이승언	1,794,500
2	2021	과학기술정보통신부	한국건설기술연구원 주요사업	공공데이터 기반 건물에너지 광역 검진 기술 개발(2)	이승언	1,720,000

□ 국제화 협력성과

번호	구분 (유치/파견)	기간	국가	학위	전공	내용
1	NIST-OGC Indoor Mapping and Navigation Pilot	2018.10.08. ~2019.08.16	미국			이 파일럿은 1) Public Safety ADE를 사용하여 Point Cloud를 CityGML로 변환, 2) Public Safety Extension을 사용하여 CityGML을 IndoorGML로 변환, 3) 공개 표준 및 기본 탐색을 사용하여 Preplanning 클라이언트에서 Public Safety 데이터를 시각화
2	UN OICT (Office of ICT)	2019.08.28. ~	미국			실내 음성지도를 UN에 적용하기로 UN OICT (Office of ICT)와 협의하고 이를 UN 본부의 일부부터 시작하여 전체 건물 및 UN의 다른 지역으로 확산하기로 추진
3	OGC-LH Pilot Project)	2019.09.30. ~2020.03.31	OGC			지능형센서, IoT 데이터를 수집하여 이를 반영한 각종 상황에 대한 실시간 감지, 분석, 대응 등 스마트 시티 운영을 위한 테스트베드를 구현 스마트시티의 활용 기반이 되는 국제표준포맷(CityGML, IndoorGML)을 기반으로 디지털트윈 기본데이터를 구축하고, IoT 센서로부터 국제표준포맷(SensorThings API)을 기반으로 실내 재실자 실시간 감지 및 실외 미세먼지 분석 등의 공간정보 인프라 기반 마련한다.

□ 홍보 실적

번호	홍보 유형	매체명	제목	홍보일
1	국제 학회 신기술 홍보 세션 참가	SIGGRAPH	SIGGRAPH Emerging Technology	2019.07.22
2	정부 부처 주체 전시회 참가	스마트국토엑스포	2019 스마트국토엑스포 성과 홍보	2019.08.19
3	언론보도	문화일보	스타트업 '티랩스' CES 2020에서 LG전자와 정밀 실내측위기술 개발 협력 MOU	2020.01.10
4	언론보도	MBC 구해줘홈즈	MBC 구해줘 홈즈	2020.05.24
5	언론보도	AVING	[CES 2021 - All Digital] 티랩스, 실내 실감 공간 지도 작성기술 'TeeVR' 소개	2021.01.20
6	언론보도	전자신문	티랩스, GC녹십자 故 허영섭 회장 추모관 '메타버스'로 구현	2021.08.26
7	포스터 전시	2019 스마트 건설기술·안전 엑스포	Indoor / Outdoor Spatial Information Services	2019.11.27.~ 2019.11.29 KINTEX 제1전시장
8	연구성과 홍보	학회	2019 FOSS4G Bucharest	2019.08.28.
9	전시 부스	컨퍼런스	플랜트 조선 컨퍼런스 2020	2020.02.21
10	전시 부스	학회	토목학회	2021.10.21.-22

□ 포상 및 수상 실적

번호	종류	포상명	포상 내용	포상 대상	포상일	포상 기관
1	수상	우수 논문상	2018년 춘계학술대회 우수 논문 발표	최현상	2018.05.25	한국산학기술학회
2	상장	논문상	연기 확산을 고려한 에이전트 기반 피난 모델	이민혁	2020-06-12	대한공간정보학회
3	상장	학술상	학술 기여	이민혁	2021-06-04	대한공간정보학회
4	상장	우수논문상	An extended floor field model considering the spread of fire and detour behavior	이민혁	2021-08-10	서울시립대학교

[인프라 성과]

□ 연구시설・장비

번호	구축 기관	연구시설/ 연구장비명	규격 (모델명)	개발여부 (○/×)	연구시설・장비 종합정보시스템* 등록여부	연구시설・장비 종합정보시스템* 등록번호	구축일자 (YY.MM.DD)	구축비용 (천원)	비고 (설치 장소)

[그 밖의 성과](해당 시 작성)

○ 국토지리정보원 실내공간정보 사업의 본 연구단의 성과물 적용
- 2021년 7월-2022년 1월까지 수행되는 국토지리정보원 실내공간정보 사업에 본 연구 결과물 적용
- 기존 실내공간정보를 IndoorGML 로 변환
- 동대구역을 대상으로 시각장애인 길안내 서비스
- 서원주역에서 취득된 Point Cloud를 IndoorGML 데이터로 변환 (TICA 이용)

○ 서울시 S-Map 및 Open Lab 사업에 참여
- 서울시의 요청으로 2021년도부터 S-Map 및 Open Lab의 사업에 본 연구성과물 적용
- 기존 실내공간정보를 IndoorGML 로 변환
- 에스플렉스센터의 IndoorGML 데이터 구축
- 실내재난대응 시뮬레이션 적용

(4) 계획하지 않은 성과 및 관련 분야 기여사항(해당 시 작성)

[1세부]

○ (1-2, 고려대) 국외 특허 출원 성과 발생

- 국외 특허 출원에 대해서는 당초에 계획하지 않았으나, 연구 개발된 기술의 세계 최고 수준의 독창성과 고유성을 선점하기 위해서 진행함.
- 이는 연구단의 목표와 방향에 있어서, 상응할 수 있는 성과이기에 진행하여, 성과를 창출함.

○ (1-2, 고려대) 기술이전 성과 발생

- (1-2) 세부 고려대가 원천적으로 연구 개발한 기술 및 알고리즘에 대하여, (1-4) 세부 티랩스가 상용성을 부여한 방향으로 발전시켜, 시장에 내놓으려는 목적 하에 기술이전을 수행함.
- 이는 세부간의 적극적인 교류의 성과로서, 당초에 계획하진 않았으나, 연구단의 목표와 방향에 상응할 수 있는 성과일 수 있기에 진행하여, 성과를 창출함.

[2세부]

○ 실내공간정보 활성화 및 연구성과 국제화를 위한 오픈소스 등록(GitHub) 3건

- [한국건설기술연구원] AutopCAD 및 Revit 기반 IndoorGML Pug-in 등록(2건
  (https://github.com/indtrateh/KICT-Autocad-RevitToIndoorGML)
- [(주)유엔이] Sketch Up 기반 IndoorGML Plug-In 등록
  (https://github.com/une-young/indoorgml-modeler)

[3세부]

○ (가이아쓰리디)상업화를 위한 오픈인도어맵(OpenIndoorMap) 상표 출원

○ (가이아쓰리디)국외 학술대회 발표

- OGC 2회
- FOSS4G International 1회
- FOSS4G Asia 1회

○ (가이아쓰리디)홍보 건수

- Civil Expo 전시 부스

○ (가이아쓰리디)상용화

- LH 디지털트윈 플랫폼 1단계 구축용역

2) 목표 달성 수준

[서울대학교]

연 구 개 발 목 표	달 성 내 용	달성도(%)
○ 사용자 참여형 자료 기반 실내 3D 형상 구축 기술 개발 - 사용자 참여형 자료 기반의 3D 실내 공간정보 구축 프로세스 개발 - ML(Machine Learning) 기반 벡터라이징 기법 개발 - 벡터데이터 가공 및 실내 3D 공간정보 DB 구축 기술 개발	○ 도면 이미지 데이터셋 구축 - 규모가 작은 건물인 세움터 데이터셋 구축 - 규모가 크고 복잡한 건물인 서울대학교 및 서울시립대학교 데이터셋 구축 ○ ML 기반 벡터라이징 기법 개발 - 도면이미지의 축적을 고려한 패치분할 ML 도면 객체 분류 기법 개발 - 분류된 도면이미지에 대한 객체별 벡터화 기법 개발 - 서울대 데이터셋에 대해 목표였던 80%를 초과한 86% 정확도를 달성	*100%*
○ 실내공간 데이터의 3차원화를 위한 정보 구체화 및 사용자 기반 환경의 3D 실내공간 뷰어 설계 - 실내공간 데이터의 3차원화를 위한 실내공간 구성요소의 형상 및 의미정보 구체화 - OLU 기반의 3D 실내공간 뷰어 기능 설계	○ 실내공간 데이터의 3차원화를 위한 실내공간 구성요소의 형상 및 의미정보 구체화 - 도면벡터화 결과에 대한 IndoorGML 포맷변환 검토 및 설계 ○ OLU 기반의 3D 실내공간 뷰어 기능 설계 - OLU 환경에서 필요한 3D 실내공간 뷰어 기능 검토 및 설계 - 사용자테스트를 통한 JOSM 플러그인의 기능 및 UI 개선사항 도출	*100%*

[고려대학교]

연 구 개 발 목 표	달 성 내 용	달성도(%)
○ 저비용 고정밀 실내공간정보 구축을 위한 융합형 실감지도 작성 기술 개발 - 저비용 고정밀 실내공간 정보 취득 - 실내공간 정형 비정형의 형상정보 구축 - 실내공간 비정형 형상 정보 자동 추출 - 실내공간정보 부분 갱신 및 자동 업데이트	○ 핵심 요소 기술 1. 다중 LiDAR - Camera 고정밀 Calibration 기술 - 수렴 여부 및 시간 지연 50 msec 수준 달성 - 노이즈 감소 20% 수준 달성 - 정합도 오차 30cm 이하 수준 달성 ○ 핵심 요소 기술 2. 실내 정형 - 비정형 3D Mesh 자동 생성 기술 - 에지 추출 80% 수준 달성 - 메쉬 작성 80% 수준 달성 - 기하 요소 추출 및 정밀도 달성 - 실감 지도 자동 생성 정밀도 달성 - 노이즈 감소 20% 수준 달성	*100%*

[㈜신한항업]

연 구 개 발 목 표	달 성 내 용	달성도(%)
○ 사용자 참여형 자료 기반의 3D 실내공간정보 구축 기술 개발 ○ ML(Machine Learning) 기반 벡터라이징 기술 개발 ○ 벡터데이터 가공 및 실내 3D 공간정보 DB 구축 기술 개발	○ 사용자 참여형 자료 기반의 3D 실내공간정보 구축 및 ML(Machine Learning) 기반 벡터라이징, 벡터데이터 가공 및 실내 3D 공간정보 DB 구축 JOSM Plugin(S/W) 개발 ○ JOSM에서 ML 모듈로 벡터라이징 후 생성 된 데이터를 확인 및 OLU 환경 데이터를 확인 가능한 3D 뷰어 개발	*100%*

[㈜티랩스]

연 구 개 발 목 표	달 성 내 용	달성도(%)
○ 카메라 융합형 개인화된 배낭형 센서 시스템 시작품 제작 - 이벤트 카메라, RGB 카메라 및 LiDAR 센서 별 FoV(Field of View), 센서 간 간섭 등을 고려한 배치 가능 범위 분석 - 실내공간에서의 이동 편의를 위한 배낭형 디자인 도출	○ Sony Camera Control Box의 자체 제공 웹 인터페이스를 역설계하여 백팩에 사용된 Sony RX0 Camera Interface 개발 ○ GUI 기반 스캔 시스템 개발을 통해서 SCAN 작업의 난이도 감소 ○ 다양한 환경, 시나리오별 테스트 케이스 분석을 통해서 백팩형 시스템 필요성 분석 ○ 백팩시스템의 특성을 고려하여 실감지도를 렌더링하고 수정이 가능한 에디터 개발	*100%*
○ 저비용/고정밀 실내공간정보 구축 기술 상용화 - 연산 효율 향상을 위한 프로그램 최적화 - 상용화를 위한 프로그램 패키지화	○ 데이터 구조화 및 관리 서버를 운영하여 데이터 관리의 용이성 및 각 모듈간 인터페이스 연동이 효율적인 구조 제공 ○ 웹기반 시각화 모듈을 개발하여 실내공간지도 중간 생성물 및 실내공간지도를 확인 가능 ○ 실감지도 작성 모듈을 유저가 통합적으로 사용 관리할 수 있는 GUI 기반 Tool 개발	*100%*

[한양대학교]

연 구 개 발 목 표	달 성 내 용	달성도(%)
○ 정밀 공간 스캔을 위한 착용형 시스템 개발	○ 공간 스캔을 위한 착용형 및 핸드헬드형 스캔 시스템 개발 - 고화질 공간 스캔을 위한 착용형 스캔시스템 개발 - 간편한 공간 스캔을 위한 핸드헬드형 스캔시스템 개발	*100%*

[한국건설기술연구원]

연 구 개 발 목 표	달 성 내 용	달성도(%)
○ **BIM/CAD 기반 실내공간정보 구축 자동화 기술 개발** - CAD/BIM 상용 SW기반 실내공간정보 구축 표준프로세스 및 Ruleset 개발(설계) - CAD SW(AutoCAD) 기반 Plug-In 프로토타입 개발(SW) - BIM SW(Revit) 기반 Plug-In 프로토타입 개발(SW)	○ CAD/BIM 상용 SW기반 실내공간정보 구축 표준프로세스 및 Ruleset 개발 - 기존 도면/모델링 정보 분석을 통한 자동화 기능 개발 프로세스 정립	*100%*
	○ CAD SW(AutoCAD) 기반 Plug-In 프로토타입 개발(SW) - CAD 원 데이터 사전점검 및 자료정제 기능 제공 - AutoCAD2IndoorGML Plug-In개발 및 공인인증	*100%*
	○ BIM SW(Revit) 기반 Plug-In 프로토타입 개발(SW) - Revit 원 데이터 사전점검 및 자료정제 기능 제공 - Revit2IndoorGML Plug-In개발 및 공인인증	*100%*

[서울시립대학교]

연 구 개 발 목 표	달 성 내 용	달성도(%)
○ **실내공간정보 표준화** - IndoorGML 기반 실내공간데이터모델 개발 (TTA 표준안/ OGC 표준안) - Indoor POI 데이터모델 개발 - IndoorGML Validator (3차년도 종료)	○ IndoorGML 기반 실내공간데이터모델 개발 (TTA 표준안/ OGC 표준안) - (OGC 19-004) Anchor Node Extension in IndoorGML 채택 - (OGC 20-054) An Extension Model to attach Points of Interest into IndoorGML 채택 - (OGC) Feature-based IndoorGML 1.1 Extension 제안	*100%*
	○ Indoor POI 데이터모델 개발 - Indoor POI의 분류체계, 계층적 구조, 공간적 depth, 시공간정보를 표현하고 관리를 위한 데이터모델 개발 - Indoor Feature 데이터모델 개발	*100%*
	○ IndoorGML Validator (3차년도 종료) - IndoorGML Validator 설계 및 Parser 개발	*100%*
○ **실내외 공간정보 연계 기술 개발** - 실내외 공간 연계활용을 위한 기술 개발 및 IndoorGML 확장모듈 개발 - 공간데이터 연계 활용 기술 개발 - 실내공간정보 활용 OpenAPI 설계 (공동2-3 개발)	○ 실내외 공간 연계활용을 위한 기술 개발 및 IndoorGML 확장모듈 개발 - IndoorGML Core모듈 기반 위상관계를 이용한 실내외 연계 기술 개발 - IndoorGML 기반 실내외 공간의 Seamless Navigation 기술 개발 - Transitional Space 기반 실내외 공간 연계기술 개발 - 전방위영상과 IndoorGML 데이터 연계기술 개발 (Reference 데이터 활용) - 전방위영상과 IndoorGML 데이터 연계기술 개발 (SEP 기반)	*100%*
	○ 공간데이터 연계 활용 기술 개발 - Spatial Neighborhoods detecting 기술 개발 - Isolated Zones 탐색 기숭 개발 - Subspacing 기술 개발	*100%*
	○ 실내공간정보 활용 OpenAPI 설계 (공동2-3 개발) - 실내공간정보 LOD 자동변환 모듈 - 실내공간정보 포맷 자동변환 모듈 - 클라우드 기반 실내공간정보 공간 객체단위 저장/관리 모듈	*100%*

[㈜올포랜드]

연 구 개 발 목 표	달 성 내 용	달성도(%)
○ **실내공간정보 관리 지능화 요소기술 개발** - 수준별 경량화 기술 개발 - LOD 및 포맷자동변환 기술 개발 - BIM 기반 데이터 컨버터 기술 개발	○ 수준별 경량화 기술 개발 - CityGML 2 CityJSON LOD4 지원 컨버터 개발 - CityGML 2 CityJSON 변환 모듈 테스트 및 검증 - 외부검증기관을 통한 구축된 시스템에 대한 검증	*100%*
	○ LOD 및 포맷자동변환 기술 개발 - 웹 환경 CityGML to 3DS/OBJ 변환 기능 개발 - 수요 서비스별 LOD 자동변환 기술 개발 - IndoorGML 중심의 데이터 포맷 변환 기능 구현 - 외부검증기관을 통한 구축된 시스템에 대한 검증	*100%*
	○ BIM 기반 데이터 컨버터 기술 개발 - IndoorGML 객체 생성을 위한 IFC 객체 선별 - IFC 2 IndoorGML 컨버터 개발 - 외부검증기관을 통한 구축된 시스템에 대한 검증	*100%*
○ **실내공간정보 관리 지능화 요소기술 개발** - 수준별 경량화 기술 개발 - LOD 및 포맷자동변환 기술 개발 - BIM 기반 데이터 컨버터 기술 개발	○ 수준별 경량화 기술 개발 - CityGML 2 CityJSON LOD4 지원 컨버터 개발 - CityGML 2 CityJSON 변환 모듈 테스트 및 검증 - 외부검증기관을 통한 구축된 시스템에 대한 검증	*100%*

[㈜유엔이]

연 구 개 발 목 표	달 성 내 용	달성도(%)
○ **실내외 공간정보 토폴로지 및 POI 편집 기술** - 데이터 연동을 위한 문헌조사 및 연동 계획 - In&out 연동을 위한 Parser 기술 분석 - IndoorGML 편집 기능 개발 (SW 모듈) - IndoorGML 통합모델링 및 편집 기술 개발 (SW) - IndoorGML 통합모델링 및 편집 기술 고도화 (SW)	○ 데이터 연동을 위한 문헌조사 및 연동 계획 -문헌조사 보고서 및 연동/연계 방안 보고서를 통해 방안의 적절성을 확인함	*100%*
	○ In&out 연동을 위한 Parser 기술 분석 -Topology 시각화 및 정보호환을 위한 Parser 개발에 대한 IndoorGML 생성기능(가시화 모듈) 소프트웨어 프로토타입 개발함	*100%*
	○ IndoorGML 편집 기능 개발 (SW 모듈) - Geometry 정보에서 자동적으로 Topology를 생성하여 CAD 및 XML 등 각종 공간정보 파일을 IndoorGML로 변환하는 SW모듈을 개발하여 실용화 가능성을 높임 또한, 위의 내용을 토대로 한국건설기술연구원과 공동성과로 국내학술발표 1건과 국내특허출원 1건을 -Data Validation 및 Export 기능인 'CAD Convert를 개발하여 파일 변환의 정확도 검토 및 IndoorGML Vaildation 통합모듈 소프트웨어 개발 -변환된 공간정보변환 파일의 정확도는 99%로 확인 목표 점수 이상의 평가점수를 검증완료 -시험결과로 Topology 생성도 0.021s 목표 점수 이상의 평가점수를 검증완료(외부검증기관) -CAD Ruleset 기반 IndoorGML 변화 알고리즘 개발완료	*100%*
	○ IndoorGML 통합모델링 및 편집 기술 개발 (SW) -상용툴(Sketch Up)기반으로 Geometry 정보에서 Cell-Space, Topology를 생성하고 편집 및 가공 기능을 개발하였고, IndoorGML Validator(Val3dity)로 정합성 검증함 - 상용툴을 이용한 Plug In을 통해 특허 출원을 완료하였으며 내부 기능을 이용한 소프트웨어 4건을 완료 - 로딩/시각화는 목표시간 5s 이내의 목표 성과를 3s 이내 시각화 구현으로 목표점수 이상의 평가점수 검증완료	*100%*
	○ IndoorGML 통합모델링 및 편집 기술 고도화 (SW) - 4차년도에 개발한 상용툴(Sketch Up) IndoorGML Plug In 통합 모델링 고도화 완료 (특허 등록 1건 완료) - Sketch Up 공간정보 모델링 IndoorGML 변환 기술 개발을 통해 2D 도면 및 이미지 도면 등 Sketch Up 기반 모델링을 통해 IndoorGML 형태로 편집 가능한 기술 개발 완료 - skp 도면으로 구축된 파일을 IndoorGML 형태로 편집 가능한 기술 개발완료 - Validation 정합성 가시화 모듈을 개발 진행하여 소프트웨어 1건 완료 - 시험결과를 통해 Validation 가시화는 목표 정합성 95% 이내의 목표 성과를 목표점수로 평가 진행 - 상용툴(Sketch Up) 고도화를 통한 현장검증을 위한 모델링 제작(에스플렉스센터)	*100%*

부산대학교]

연 구 개 발 목 표	달 성 내 용	달성도(%)
○ 세부별 요소기술의 통합 설계 - 전체 개발되는 기술의 분석 및 구체적 연계 방법 설계 - 전체 시스템 연계 설계	○ 연구 성과물의 연계를 위한 테스트베드 설계 - 전체 시스템 설계: IndoorGML을 중심으로 하는 생태계 구조 설계 - 1세부-2세부-3세부의 연계: IndoorGML을 통한 각 세부별 인터페이스 설계 및 구현과 연계 도구 개발	100
○ 테스트베드 및 실증서비스 - 테스트베드 및 실증서비스 선정 - 테스트베드 구축 - 실증서비스 구축	○ 테스트베드 - 다양한 테스트베드 사이트 구축: 서울시립대, 대구대, 부신대, 동대구역, 미국 Hancock 초등학교, 서울 에스플렉스 센터, 분당 알파돔의 IndoorGML 데이터 구축 - IndoorGML 도구 개발: InViewer, InFactory, InEditor, Indoor4J, Indoor2CPP, TICA, Indoor2IMDF, Val3Dity 등 ○ 실증서비스 구축 - VIM (시각장애인을 위한 음성 길안내 서비스) 개발 및 적용: 동대구역, UN 본부	100
○ 실내공간 분석 - 실내공간의 사용자 상황인지 - 실내 Map Matching 개발 - 실내공간 분할 방법 개발	○ 실내공간 상황인지 개발 - 스마트폰 센서의 빅데이터 처리를 통한 상황인지 개발 ○ 실내 Map Matching 개발 - Room Level 실내 Map Matching 개발 (93% 정확도) ○ 실내공간 분할 방법 개발 - 실내공간의 Parametric 분할 Framework 개발 ○ 실내 COVID-19 전파 분석 - 실내공간에서의 COVID-19 전파 모의실험 도구 개발	100

[서울시립대학교]

연 구 개 발 목 표	달 성 내 용	달성도(%)
○ IndoorGML을 연계한 화재 대피 시뮬레이션 기법	- 화재 확산에 따른 보행자 우회행동이 반영된 확장된 Floor Field Model 개발 - IndoorGML과 FDS를 연계한 화재 대피 시뮬레이션 기법 개발 - 보행자 대피궤적을 제공하는 Moving Feature API 개발	*100%*
○ 실시간 재실자 분포 모니터링 기법	- 세부 구역 단위 인원계수를 위한 센서 네트워크 구축 - 실시간 재실자 분포 모니터링 테스트베드 구축 - 재난대응 서버 연동을 위한 재실자 분포 모니터링 API 개발	*100%*

[가이아쓰리디㈜]

연 구 개 발 목 표	달 성 내 용	달성도(%)
○ 참여형 실내공간정보 수집 및 제공 서비스 시범 구현	○ OpenIndoorMap 시범 서비스 구현 및 Open ○ 재실자 정보 연계 표출 시범 서비스 구현 ○ 1세부, 2세부 데이터 연계 표출 ○ Open API를 통해 서비스 개발 확장성 도모	*100%*
○ 지속가능한 참여형 실내공간정보 구축 및 제공 서비스	○ 변환 절차 및 속도 개선 ○ 관리자 사이트 연동 ○ 관리자 사이트 대시보드 및 통계 및 이력 정보 구현 ○ 소셜 로그인 구현 ○ 세계시장 대비 영문사이트 구현 ○ AWS기반 사용자 참여형 OpenIndoorMap 서비스 오픈	*100%*

[어빌리티시스템즈㈜]

연 구 개 발 목 표	달 성 내 용	달성도(%)
○ 재난대응솔루션 통합 및 멀티 플랫폼 확장 - 요소기술의 통합 및 시스템 고도화 - 테스트베드를 통한 시범운영 - 멀티플랫폼 확장	○ 실내재난대응 솔루션(모바일, 태블릿, PC버전) - 실내재난대응 시뮬레이션을 위한 솔루션 개발 - 시뮬레이션 데이터 연동 및 표현 어플리케이션 개발(PC, 모바일, 태블릿 버전) - 시뮬레이션 어플리케이션의 건물 모델링, 방재장비 등의 공간정보 관리를 위한 Backend 시스템 개발	*100%*
	○ 화재대피 시뮬레이션과 소방구조 지원 시스템의 통합 솔루션(PC버전) - 실시간 및 임의의 재실자 정보를 바탕으로 화재대피 시뮬레이션 - 다양한 재난환경을 동적으로 구성할 수 있도록 발화량, 발화위치, 공간친숙도, 주변 보행자 의존도 등 적용 - 시뮬레이션 데이터 저장을 통해 유사 재난환경에서 신속하게 대피경로를 유추할 수 있도록 History 관리 개발	*100%*
	○ 소방구조 활동 지원용 모바일 앱 솔루션 - 재난 현장에서 신속하게 유사데이터로 발화의 위치 및 추이 예상 시뮬레이터 개발 - 모바일 환경의 성능제약에 대응할 수 있도록 성능 최적화된 APP 개발	*100%*

[코디스페이스㈜]

연 구 개 발 목 표	달 성 내 용	달성도(%)
○ 시각장애인 용 음성기반 실내지도 서비스 테스트 베드 구축	○ 시각장애인 음성기반 실내지도 서비스 기능사양 정의 - 전문가(대구대학교 의 ○ 서비스 플랫폼 및 앱 개발(테스트용) - TTA의 성능 시험으로 인증 ○ 테스트 베드 선정 및 음성 실내지도 서비스 구축 - 서울 지하철 시청역	*100%*

[㈜어빌리티시스템즈]

연 구 개 발 목 표	달 성 내 용	달성도(%)
○ 상용 버전 시각장애인 용 음성기반 실내지도 서비스 개발	○ 추가 장비 활용 실내측위 정확도 향상 - 스마트폰에 UWB 등 기술의 적용을 예상했으나 적용안됨, 오히려 무장비에 대한 수요증가 - 무장비(BLE 비콘 없이)로 실애 측위 구현 ○ 음성 실내지도 구축 개선 및 음성 데이터 개선 - 구축도구 개선으로 측위(음성) 데이터 향상 ○ 스마트폰 서비스 App 개선 - 대구 대학교, 한양대학교의 협업으로 음성안내 품질향상 ○ 상용버전 서비스 플랫폼 - AWS에 사용버전 오픈 (TTA 확인) ○ 테스트 베드 구축 - 부산대 자연대실험동, UN 뉴욕 본부 ○ 서비스 장소 확대 - 동대구역에서 음성지도서비스 용역계약 체결	*100%*

4. 목표 미달 시 원인분석

1) 목표 미달 원인(사유) 자체분석 내용

[고려대학교]

○ 국내 학술 발표 성과 달성률 92.86% 에 대한 원인 분석

- 중복 사사에 대한 반영이 미흡했음.
- 원천 기술의 세계적인 경쟁력을 갖추기 위해 기술의 독창성과 신규성 및 고유성을 양성하여 실적을 달성하는 것에 우선적으로 집중했음.

○ 국내 특허 등록 성과 달성률 38.67% 에 대한 원인 분석

- 중복 사사에 대한 반영이 미흡했음.
- 원천 기술의 세계적인 독창성 역량 확보 및 선점을 보다 우선시하여, 국외 출원 달성을 우선적으로 집중했음.

○ 중복 사사에 대한 반영은 연구과제 종료 후에도 지속적으로 확인하여 100%을 달성할 계획

[㈜신한항업]

○ S/W 등록

- 12월 내 1건 예정을 완료함

○ 외부기관 인증

- 12월 내 1건 예정을 완료함

[㈜티랩스, 한양대]

○ 국내 특허 등록 성과 부족

- 중복 사사에 대한 반영이 미흡

[2세부]

○ 특허 등록 실적 미달성 사유

- 연구성과의 특허등록 실적 1건 미달성이나 특허심사 진행 중으로 2022년 내 성과도출 가능

○ 인력 양성 실적 미달성 사유

- 박사학위 1명을 목표로 하였으나, 박사과정은 수료하였으나 개인사정 등으로 학위취득 지연

[3세부]

○ 논문실적

- 논문 중 국내학술지등의 목표는 미달되었으나, 국제 SCI급, 해외학술대회 발표 등의 초과 달성으로 실제적으로 달성하였다고 판단.

○ 인력 양성 실적 미달성 사유

- 석사 2명을 미달성하였으나 박사학위 1명을 초과달성하여 박사:석사가 2:1의 비율로 인정하는 것을 감안하면 목표에 달성하였음

○ 특허

- 특허 출원 및 등록은 연구 마지막 단계에 개발된 기술이 있어, 이는 추후에 달성할 것으로 계획
- 많은 기술을 오픈소스로 개발하고 있어, 경우에 따라 특허의 필요성이 없어짐.

○ 표준

- 일부 표준문서는 2022년에 출간할 것으로 예정

2) 자체 보완활동

[고려대학교]

○ 국내 학술 발표보다 우수한 학술 성과 초과 달성

- SCIE 논문을 원래 목표 1건 보다 추가적으로 달성하여 총 4.16 건 달성함.
- 국내 학술 발표 성과보다 학술적으로 더 높은 가치가 있는 SCIE 논문 성과를 다수 달성함.
- 학술적으로 가치 있는 성과를 다수 달성했기에 보완 될 수 있음.

○ 국내 특허 등록처럼 중요한 국외 특허 출원 초과 달성

- 국내 특허를 원래 계획인 3건 보다 더 많은 6.16건 달성함.
- 추가적으로 원래 계획에 없었던 국외 특허 출원을 4건 달성함.
- 이는 원천 기술의 전세계적 독창성 확보에 있어서 주요한 의미가 있기에 보완될 수 있음.

[㈜신한항업]

○ S/W 등록

- 12월 내 등록을 위하여 서비스 안정화 및 고도화 진행

○ 외부기관 인증

- S/W 개발 완료 후 외부기관 인증 진행

[㈜티랩스, 한양대]

○ 특허 이외의 우수성 인정을 위한 노력

- 기술의 우수성을 외부에 보이기 위한 활동들 수행
- 월드스마트시티 엑스포(국토부, 과기부 공동개최)에서 본 기술의 우수성을 인정받아 장관상 수상

[2세부]

○ 과제 종료 1년 이내 특허 등록 실적 달성 가능

- 연구성과의 특허등록 실적 1건 미달성이나 특허심사 진행 중으로 2022년 내 성과도출 가능

3) 연구개발 과정의 성실성

[고려대학교]

○ 세계 최고 수준의 실내공간 측정 및 모델링 기술을 달성하기 위한 꾸준하고 지속적인 연구개발 수행.
- 핵심 기술을 제안 수준에서 그치는 것이 아니라, 실용적인 의미가 있는 정성적 기준에 맞춰 지속적으로 발전시킴.
- 실내공간을 측정하는 시스템에 대해서 정밀함과 정합성의 높은 성취를 일궈내는 데 꾸준히 성실하게 진행함.
- 실내공간을 모델링하는 기술에 대해서 정밀함과 정교함을 꾸준히 성실하게 발전시켜 연구 진행함.
- 기 설정한 SCIE 성과 목표치를 상회하는 다수의 SCIE 성과와 세계 최고 수준 학회 발표 성과 달성.

○ 세부간의 연계적 협력을 통해 지속적인 시너지 창출
- 본 연구단의 타 세부와 함께 경제적 효과를 극대화하기 위해, 기술 이전 및 협력 수행.
- 본 연구단의 타 세부들과의 지속적인 워크숍과 회의를 통해 기술의 원천성 (Originality) 뿐만 아니라 시장적 요구 (Needs) 를 모두 만족시킬 수 있는 방향으로 연구개발 수행.

[㈜신한항업]

○ 당초 연구개발 목표를 달성하기 위하여 1세부(서울대) 및 2세부와 협업을 진행
- 사용자 참여 기반 실내공간 저작도구 개발 및 IndoorGML 포맷 고도화 진행
- 12월 내 S/W 등록 및 외부기관 인증 진행

[㈜티랩스, 한양대]

○ 본 과제를 통해 스마트시티라는 공공적 가치에 기여할 수 있는 기술적 기반을 마련하였고, 이를 21년 월드스마트시티 엑스포(국토부, 과기부 공동개최)에 전시함. 전시회에서 본 기술의 우수성을 인정받아 우수 비지니스 페어부분에서 장관상을 수상함.

[2세부]

○ 최종성과물의 완성도 제고를 위해, 연구단에서 제시한 테스트베드 이외에도 2세부 자체로 확보한 기초자료를 대상으로 자체 실증 테스트를 다수 진행하였으며, 최종성과 도출시기인 4-5차년도에는 각 공동기관별 성과에 대해 객관적 검증을 위해 국내외 표준기구 성과 제출 및 외부 기술(KCL) 검증기관을 통한 기술검증을 실시하였음

○ 2세부 공동연구에 참여한 기업(㈜올포랜드, ㈜유엔이)의 노력으로 연구과제 종료 이전(5차년도 연구진행 중) 관련 기술에 대한 기술이전 등을 실제 사업 참여에 성공하였으며, 매출 발생 실적을 도출함

○ 연구과정에서 개발된 일부 소프트웨어 성과에 대해서는 국제적인 IndoorGML 생태계 구현에 기여하고, 국내 기술력으로 국제적으로 소개하기 위해 세계적 오픈소스 커뮤니티인 GitHub에 공개하여, R&D 연구성과의 지속적인 발전을 도모함

○ 오픈소스 공개에 따른 특허관련 성과 미달성 실적 외 SW등록 초과 달성, 시작품제작 초과 달성, 기술이전 초과 달성하는 등 지재권 및 사업화와 관련한 다수의 추가 실적 달성
- 특허 등록 목표 1건의 목표는 미달성하였으나, 타 지재권실적(SW등록, 시작품제작)을 초과 달성하였으며, 지재권실적과 유관한 기술이전 실적 또한 추가 달성하는 등 연구개발은 충실히 수행하였음

[3-1 부산대학교]

○ 연구 총괄기관 역할:

- 연구 시작부터 전체 연구의 역할 분담 및 연계를 위하여 전체 시스템 및 인터페이스 설계 조정
- 수시로 업무회의를 통하여 각 연구팀의 역할을 조정하고 그 연계 방식을 정의함.
- 총괄기관으로 다양한 실증 서비스 발굴에 노력함: UN 본부, OGC, NIST, LH, 국토지리정보원, 그리고 서울시와 협의하여 본 연구 결과물을 실증 및 실제 업무에 적용하기 위한 노력을 꾸준히 하고 있으며 상당한 결과를 얻었음
- 국내뿐 아니라 국외의 다양한 기관과 협력을 하며, 특히 실증 및 테스트베드 사업의 적용을 성공: UN, NIST-OGC, LH-OGC 등

[3-7 ㈜어빌리티시스템즈]

○ 시각장애인 용 음성기반 실내지도 : 서비스 테스트 베드 구축

- 본 연구 개발팀은 3차 년도에 계획했던 연구/개발을 모두 성공 수행하였고, 테스트베드를 1 곳을 구축하고 1 곳(해외)을 추진하였다. 또한 시각장애인의 보완사항을 반영하고, 세계 표준인 Wayfindr를 적용하고, 측위 성능을 높이고자 동적기계학습을 적용하였다. 또한 TTA(한국정보통신기술협회)의 시험 평가로 성능과 기능을 검증하였다. 최대한의 성과를 내려고 많은 노력을 한 점을 고려하면, 매우 성실하게 연구를 수행한 것으로 평가됨

○ 상용 버전 시각장애인 용 음성기반 실내지도 서비스 개발

- 높은 측위 정확도 향상과 음성 안내 서비스 품질 향상에 매진하였으며, 시각장애인을 참여로 좀 더 실질적인 서비스를 개발할 수 있었다. 그리고 연구 기간 동안 성실히 최신 기술을 습득하고 측위 기술과 서비스에 적용하여 크게 성능이 향상되었다. 공인시험기관인 TTA와 테스트를 진행하여 연구개발의 성과를 검증하였음
- 연구원들이 성실히 연구를 수행하여 양적 질적 성과 목표를 모두 달성함

5. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도

[서울대학교]

○ 활용성과 정확도를 높인 도면벡터화 자동화기술 개발

- 기존 도면벡터화 자동화기술들은 아파트와 같은 작은 건물을 대상에 맞춘 기술들이었으나 본 연구에서 개발한 기술은 학교와 같은 크고 복잡한 도면들을 대상으로 삼아 ML 기반의 도면벡터화 기술을 개발함
- 200개의 크고 복잡한 서울대데이터셋에 대해 도면벡터화 결과물이 86%의 정확도를 기록하였으며, 도면 개수는 적었지만 연구단의 테스트베드인 시립대에 대해서도 75%의 정확도를 기록하며 활용성을 확인하였음

[고려대학교]

○ 디지털뉴딜사업의 핵심인 Digital Twin과 관련하여 기존 기술(3D Colored PCD)보다 실감성이 향상된 모델링 기술을 개발한 바, 해당 기술을 공항, 기차 역사등에 보급하거나, 공공 박물관이나 전시관 모델링을 수행하여 대국민 서비스를 제공할 수 있는 기술적 기반을 마련함

○ 기존 기술은 환경을 3차원 점(point)으로 표현하였기에 건축시공관리 영역등 측량영역에 한정되어 사용하였음. 본 과제를 통해 점이 아닌 면(mesh)으로 구성된 모델링 기술을 개발한 바, 측량영역 뿐만 아니라 부동산 매물, 박물관/전시관등 실감관람이 필요한 분야에도 기술 적용이 확대되었음

○ 실감 모델링의 핵심인 다중 센서 calibration과 관련하여, 기존 기술대비 20%(Epipolar Error 기준) 향상된 기술을 개발함. 더불어 센서간 공통 시야(Field of View)가 협소하여 정밀한 calibration이 불가능했던 hetero-genous 구성에 대해서도 센서 calibration이 가능하게 하는 학술적 기반을 마련함

○ 3D Mesh 생성기술과 관련하여 기술대비 47%(PCD vs Mesh 정합도 기준) 향상된 기술을 개발하였고, 기존 정형화된 부분 뿐만 아니라 비정형 부분에 대해서도 Mesh 제작이 가능한 기술적 토대를 마련함

○ 본 연구과제에서 개발한 세계최초 실감 실내모델링 기술을 컴퓨터 분야 세계최고 권위의 학회인 SIGGRAPH에 게재하였고, 개최측의 요청에 따라 실제 학회가 진행중인 미국 LACC를 방문하여 실시간-실감 모델링 기술을 전시함

[㈜신한항업]

○ IndoorGML 데이터 제작

- 전문가가 아닌 일반 사용자도 쉽게 도면 이미지를 활용하여 실내공간 제작에 용이하도록 소프트웨어 개발
- 일반 사용자가 처음부터 새롭게 제작하는 것이 아닌 서울대에서 제작한 ML 모듈을 활용하여 보다 정확하고 신속하게 실내공간 데이터를 제작
- 실내공간 데이터 제작에 있어 도면 이미지를 활용하여 기존에 존재하는 종이 도면 및 전자 도면이 없고 도면 이미지만 존재하는 아날로그 실내공간을 디지털로 데이터화 하여 추후 실내공간을 디지털 환경에서 활용할 수 있음
- 디지털 환경으로 제작이 된 실내공간 데이터는 실내 공간정보 구축 및 3차원 국토공간정보 구축 등 에 사용 될 수 있고 요즘 각종 이슈를 만들고 있는 메타버스 등에 활용이 가능함

[㈜티랩스, 한양대]

○ 본 과제를 통해 스마트시티라는 공공적 가치에 기여할 수 있는 기술적 기반을 마련하였고, 이를 21년 월드스마트시티 엑스포(국토부, 과기부 공동개최)에 전시함. 전시회에서 본 기술의 우수성을 인정받아 우수 비지니스 페어부분에서 장관상을 수상함.

○ 기존 3D 스캔은 로봇으로만 가능하였으므로, 로봇이 이동할 수 있는 평평한 실내공간에서만 가능했으나, 본 과제를 통해 상용화한 배낭형 스캐너를 활용할 경우 계단등의 공간에 대해서도 스캔이 가능해 짐

○ 현재 면(mesh)을 활용한 실내공간모델링 기술은 부재한 바, 점(3D colored PCD, LOD 3급)을 기반으로 한 가격을 비교. 고려대 내 건물(신공학관, 874m2) 기준 비교 결과 기존 모델링 가격 대비 68%(타사가격_WIPCO: 519만원, 과제결과물의 가격: 217만원) 저렴한 것으로 산출됨. 본 가격 경쟁력의 개선은 스캔 시간(21년 8월 WIPCO 수행: 120분, 과제결과물: 30분)에 비례하는 공임 개선 및 측위기술의

자동화율 향상으로 가능해 짐. (단 측량 결과물의 정밀도는 사용한 레이져 센서의 정밀도와 비례하는바, 본 수치를 절대적 기준으로 삼기보다, 경제성 확보의 추세선이 개선됨을 판단하는 근거로 활용하는 것이 적절함.)

○ 본 연구과제에서 개발한 세계최초 실감 실내모델링 기술을 세계최대 소비자 전시회인 CES에 전시함 (18년~20년)

[2세부]

○ 초고층·대형건물이 늘어나면서 실내공간이 넓고 복잡해짐에 따라 실내지도 등 실내공간정보에 대한 필요성과 관심이 높아지고 있음. 세계 최고수준의 저비용·고효율의 실내공간정보 구축 및 갱신기술을 개발할 경우 전 세계 실내공간정보 활용 서비스 시장을 선도할 수 있음

○ 도시발전에 따라 실내공간이 대형화, 복잡화 되고 있어, 다양한 형태의 실내공간서비스가 필요해지고 있으나, 실내공간정보 구축과 활용지원에서의 기술 확보 지연으로 활성화되지 못하고 있음

○ 기존 정보(건축도면, IFC, CityGML 등)을 적극 활용하는 저비용/고효율 기술을 통해 공공(다중복합)시설에 대한 실내공간정보 활용 지원 기술을 확보하였고, 일부 기술에 대해서는 오픈소스 커뮤니티 사이트에 공개하였음

○ 국제 실내공간표준인 IndoorGML 표준을 지속적으로 개정하고, 국내 TTA 표준을 제정하므로서, 향후 지속적으로 구축될 공공분야 실내공간정보의 재활용 및 서비스 개발의 기반을 마련함

○ 실내공간정보 국제표준인 OGC IndoorGML에 대한 지속적인 개선과 제안을 통해 해당 분야 세계적 표준 개발 기술 우위를 지속적으로 확보할 수 있었음(선행연구에서 제정, 본 연구에서 개정)

○ 본 연구를 통해 기존 IndoorGML 코어 표준의 발전뿐만 아니라 이에 기반한 확장 데이터 모델(IndoorPOI, 실내외 공간 연계 표준 등)을 개발하므로서, 국제표준의 실용화 가능성을 제고하는데 크게 기여함(OGC IndoorGML ADE Data Model 제안 및 채택)

○ 다수의 학술 실적을 국제 학술논문으로 발표하였으며, 소프트웨어 개발성과 가운데 실내공간정보 활성화에 기여할 수 있는 개발 성과에 대해서는 세계적인 오픈소스 공동체인 GitHub에 공개하므로서, 국내 기술 수준을 국제적으로 홍보하고 실증하였음(GitHub 등록)

○ 실제 환경과 동일한 3차원 지도는 기존의 2차원 지도에 비해 쉽게 이해가 가능함. 소비자들에게 3차원 실내공간정보 및 편집도구 제공시 DIY(Do It Yourself) 서비스를 통해 다양한 문화 창출이 이루어 질 것이라 예상함

○ 기존 건축설계정보(CAD, BIM, IFC 등)를 직접 활용할 수 있는 핵심기술을 제공하므로서, 공간정보 산업분야에만 국한되어 있는 실내공간정보 사업 영역을 건축설계 및 엔지니어링 산업분야에서도 적용할 수 있도록 지원 가능하며, 전반적인 공간정보 시장 규모 확대에 기여 가능함

○ 다양한 실내공간정보를 DB화하고, 이를 클라우드 기반 관리 지능화 기술(LOD처리, 데이터경량화, 자료변환 등)을 패키지 형태로 제공할 수 있는 실내공간정보 생태계 구현의 중심기술을 확보하므로서, 디지털트윈/메타버스 등 실내공간정보 기반 융합 서비스 개발 및 확산에 기여 가능

[부산대학교]

○ 연구 총괄

- 연구의 초기부터 5년차 현재까지 전체 연구를 개괄적 수준부터 세부적 내용까지 범위 및 목적을 지속적으로 관리하고 있으며
- 개발되는 시스템의 전체 시스템 구조와 인터페이스를 설계하고 관리함

○ 테스트베드 구축

- 테스트베드 구축을 위하여 장소 선정부터 필요한 각종 행정적 처리까지를 담당하며
- IndoorGML 데이터를 구축하는데 필요한 다양한 전문지식과 환경을 제공하고,
- IndoorGML을 다루는데 필요한 다양한 도구를 개발하여 제공하였음

○ 실증연구 지원

- 본 연구단 결과물이 다양한 실증에 적용될 수 있도록 국내외의 수요기관과 협의하여 실증을 발굴하며
- 특히 해외의 주요 기관인 UN, OGC, 그리고 NIST에서 수행하는 사업에 참여하고,
- 국내는 서울시, 국토지리정보원 등의 사업에 본 성과 결과물을 적용할 수 있도록 유도

○ 각종 공간 분석 도구 개발

- 자체적인 연구를 위하여 필요한 실내공간분석 도구를 개발하였으며, 특히 공간분할 도구, 실내 Map

Matching 도구, 그리고 실내 COVID-19 전파 모의실험도구를 개발

[서울시립대학교 및 ㈜피플앤드테크놀러지]

○ 실내 재난 시뮬레이션 분야에서의 외산 SW 의존도 탈피

- 대형 건축물의 화재 대피 안전성을 평가하는 국내 심사 과정에서는 Pathfinder, buildingEXODUS, Simulex 등의 대피 시뮬레이터와 FDS, SMARTFIRE 등의 화재 시뮬레이터가 활용되고 있고, 이러한 외산 SW에 대한 의존도는 절대적임
- 외산 SW들은 실내 공간에 대한 지오메트리를 생성함에 있어, CAD 등의 로컬 좌표계에 기반한 자체 데이터 포맷을 요구하고 있어 GIS 데이터와의 연계를 통한 실내·외의 seamless한 연결이 불가능하고, 출구 선택 모델이 최단거리, 최소시간, 사용자 지정 등 매우 단순한 가정에 기반하고 있어 화재 상황에서의 보행자 행동패턴 묘사에 한계가 있음
- 본 연구를 통해 개발된 IndoorGML을 활용한 화재 대피 시뮬레이션 모델은, 표준화된 실내 공간 데이터 모델인 IndoorGML을 바탕으로 대피 모델과 화재 모델에 요구되는 지오메트리를 생성할 뿐 아니라, 미국 NIST(National Institute of Standards and Technology)에서 개발한 화재 시뮬레이터 FDS와의 연동을 통해, 화재 인지에 따른 보행자 우회행동을 구현함
- 본 모델은 화재를 가정하지 않은 상황에서는 기존 상용 SW와 거의 유사한 성능을 보이고, 화재를 가정한 상황에서는 보다 현실적인 대피 행태를 묘사하기에, 기존 외산 SW를 충분히 대체할 수 있을 것으로 판단되며, 이를 통해 국외 기술 의존도 탈피에 기여할 것으로 사료됨

[가이아쓰리디]

○ 연구개발성과의 독창성

- 전 세계적으로 실내공간 데이터(CityGML, IndoorGML, IFC, LAS 등)를 웹을 통해 가시화하고 이를 공유하는 웹 플랫폼 기술은 구현된 사례가 많지 않음
- OGC SensorThings API와 실내공간을 연계 기술을 구현한 사례 또한 많지 않음

○ 연구개발성과의 타 분야 기여점

- 본 연구개발성과를 실내 화재, 재난 대피 시뮬레이션 분야 등과 연계할 경우 더 현실적인 대피 계획 등을 수립할 수 있음
- BIM 교환 포맷인 IFC를 웹을 통해 가시화하고 공유하는 기술을 구현함으로써 향후 스마트 건설 등의 분야에서도 본 연구개발성과를 활용할 수 있을 것으로 기대됨

[㈜어빌리티시스템즈]

○ 시각장애인 용 음성기반 실내지도 : 서비스 테스트 베드 구축

- 시각장애인 참여로 서비스 APP이 향상되었고, 공공장소의 테스트 베드는 여러 가지 시험과 기능 개선이 가능하게 되어, 시각장애인 서비스를 위한 서비스로 활용가능하다. 앞으로 실질적인 서비스(상용화)의 연구개발을 위한 기반을 만들었다는 점에 본 연구개발 성과 활용 가능성은 매우 높다고 판단됨

○ 상용 버전 시각장애인 용 음성기반 실내지도 서비스 개발

- 이번 측위 정확도 향상과 비콘없는 측위 알고리즘과 편리한 서비스 개발로 서비스를 확장할 수 있는 마련되어, 시각장애인을 위한 폭 넓은 공간 활동반경을 높이는 계기가 될 것으로 판단됨

6. 연구개발성과 관리 및 활용 계획

[부산대학교]

○ 오픈소스를 통한 활용 범위 확대
- 본 연구에서 개발된 모든 소프트웨어는 오픈소스로 GitHub 사이트에 공개되었음
- 국내 뿐 아니라, 국외의 연구진에게 본 연구 결과물을 사용할 수 있도록 조치
- 필요한 경우 오픈소스 개발 커뮤니티를 구축하는 것이 매우 중요할 것으로 판단됨
- 특히 IndoorGML을 지원하는 도구는 IndoorGML 2.0이 곧 만들어질 예정이므로 이에 맞게 수정하는 작업이 필요하며, 이는 오픈소스 커뮤니티를 통하여 가능

○ 테스트베드 사이트의 관리
- 본 사업을 통하여 많은 사이트의 IndoorGML 데이터가 구축되어 이를 필요로 하는 기관이나 개발자에게 제공할 수 있는 체계를 유지하는 것이 필요
- 현재는 IndoorGML에서 관리하는 Indoorgml.net 사이트를 통하여 위의 테스트베드를 관리할 계획

○ 실증 사이트의 관리
- 본 연구를 통하여 발굴된 다양한 실증사이트도 지속적인 관리가 필요
- UN은 일단 UN 본부에만 적용되었지만, 이를 지속적으로 UN 전 세계 건물로 확장할 계획
- 국토지리정보원의 적용은 국토지리정보원과 협의하여 가능하면 국토지리정보원 내부로 기술 이전하는 것이 바람직 할 것으로 판단.
- 서울시 실증사이트도 각 결과물에 따라 별도로 사용되며, 진화될 수 있도록 노력 필요
- 그 외 iCongress와 같은 실용 서비스는 사업화를 통하여 가치를 창출할 계획

[서울대학교]

○ 오픈소스 환경을 통한 사용자참여형 도면벡터화 기술 제공
- 사용자들이 OLU와 JOSM 환경을 통해 도면벡터화 기술을 쉽게 사용하고 확인할 수 있도록 제공

○ 소스코드 공유를 통한 버전관리
- GitHub에 소스코드를 업로드함으로써 타 사용자들도 활용할 수 있게 제공 및 코드 버전을 관리함

[고려대학교]

○ 고려대에서 개발된 이종-다중 센서간 정밀 Calibration S/W를 통해 모델링의 가장 첫 단계인 센서간의 정합도를 향상시켜, 실감성이 향상된 모델링의 원천기술을 개발하였고 이를 공동연구기관인 티랩스를 통해 활용함

○ 고려대에서 개발한 다층(multi-level), 비정형(unstructured), 대형공간에 대한 3D 기반 자동 mesh 제작 기술을 통해, 호텔로비와 같이 예술적으로 구성된 공간이나, 공항/역사등 다층으로 구성된 대형공간등에 대해서도 mesh를 제작할 수 있는 원천기술을 확보하였고, 이를 공동연구기관인 티랩스를 통해 활용함

[신한항업]

○ 소스코드 공유를 통한 버전 관리 및 고도화
- 서울대에서 개발한 ML 모듈과 함께 Github에 소소코드를 공유함으로써 타 사용자들도 활용할 수 있게 제공 및 코드 버전을 관리함
- 타 사용자들의 사용과 사람들의 의견 및 고도화를 진행함

○ 실내공간 데이터 구축 활용
- 서울대에서 개발한 ML 벡터라이징 기술과 도면이미지를 활용하여 고비용이 필요한 실내공간 제작에 있어 저비용으로 실내공간을 활용할 수 있다는 점과 최종 결과물인 IndoorGML포맷을 통하여 여러 관련 산업 분야에 활용할 계획임

[㈜티랩스, 한양대]

○ 티랩스는 고려대에서 개발한 이종-다중 센서간 정밀 calibration S/W를 활용하여, 이의 결과로 최종 모델링의 화질, 일관성, 실감성, 정밀도가 획기적으로 개선함

○ 티랩스는 고려대에서 개발한 3D 기반 자동 mesh 제작기술을 통해 유의미한 자동화율의 향상을 이룬 바, 기존 mesh 제작에 투여된 공임을 획기적으로 낮추게 됨

○ 티랩스는 자체 개발한 배낭형 Scanner를 활용하여 (계단등의 한계로) 기존 로봇이 측정할 수 없었던 대형 공간에 대한 서비스로 시장을 넓혀갈 수 있을것으로 기대되며, 상용화 모델링 서버를 활용하여 저비용-고화질 기술개발을 성공적으로 달성하였을 뿐 아니라, 향후 대량생산체제의 본격적 운영을 통해 부동산, 게임, 모의훈련, 공익서비스등 다양한 방면에 기술을 적용하고 활용처를 넓혀갈 수 있을 것으로 기대됨

[2세부]

(1) 연구개발성과 관리 방안

○ [2-1협동] 연구성과인 AcutoCAD 및 Revit 기반 Plug-In SW의 경우, 소프트웨어 등록을 실시하여 지적재산권 요건을 갖추었으며, 이를 기반으로 기술실시계약을 채결하므로서, 관련 기업에서의 지속적인 성능 개량 및 사업화 기반을 마련함

- 또한, 기술실시기업이 정상적인 사업화 영역을 침해하지 않는 범위에서 오픈소스 커뮤니티 사이트인 GitHub에 공개하고, 지속적인 활용 및 성과 관리가 가능하도록 하였으며, 국영문 매뉴얼을 작성함

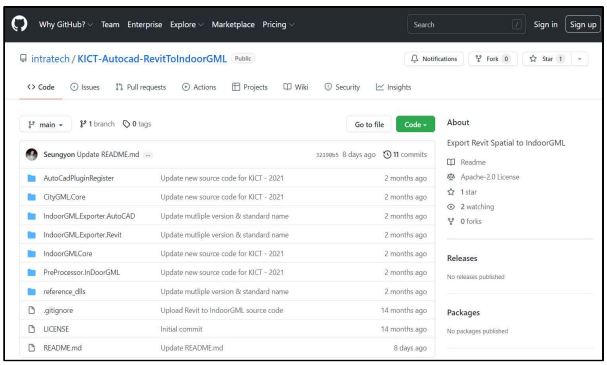


그림. GitHub 등록 화면



그림. 영문 매뉴얼 작성

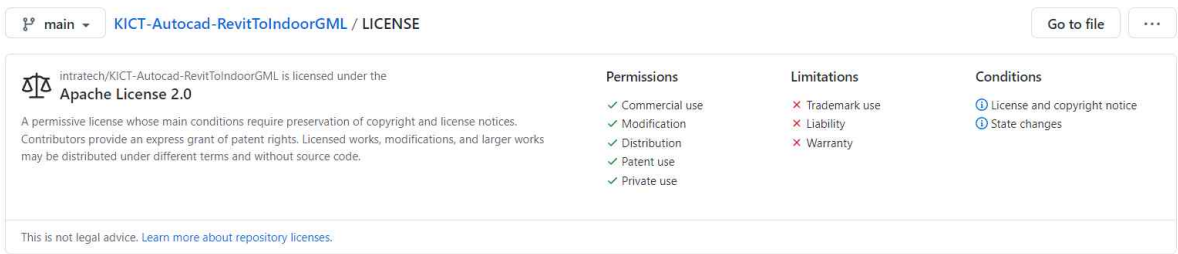


그림. AcutoCAD/Revit 기반 Plug-In에 대해 선택한 라이센스(Apache License 2.0)

○ [2-2공동] OGC IndoorGML 표준활동과 연계 국제표준 개정실적을 도출하였으며, 지속적인 국제표준기구 참여 및 활동을 통해 본 연구의 연구성과가 추가적으로 반영되도록 추진할 예정임. 또한, 국내 실정에 적합한 실내공간정보 국내표준(TTA)으로 제안하여 국내표준으로 제정(2021년 12월)

○ [2-3공동] 클라우드기반 실내공간정보 관리 엔진(PaaS)을 패키지화 하여, 서울시 S-Map 사업과 관련하여 현장적용한 바 있으며, 관련 성과에 대해서는 기술실시를 통해 지속적인 성능 개량 및 관리할 예정임

○ [2-4공동] Sketch Up 공식 심사를 거쳐 Extension Warehouse에 연구성과물을 등록했으며, 이를 GitHub에 공개하였음

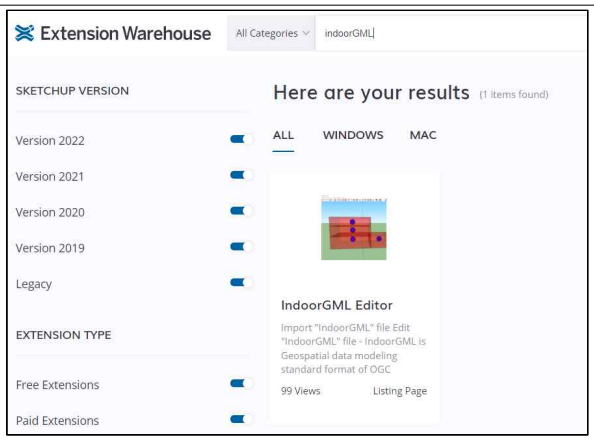


그림. Sketch Up 공식 Extension Warehouse 등록

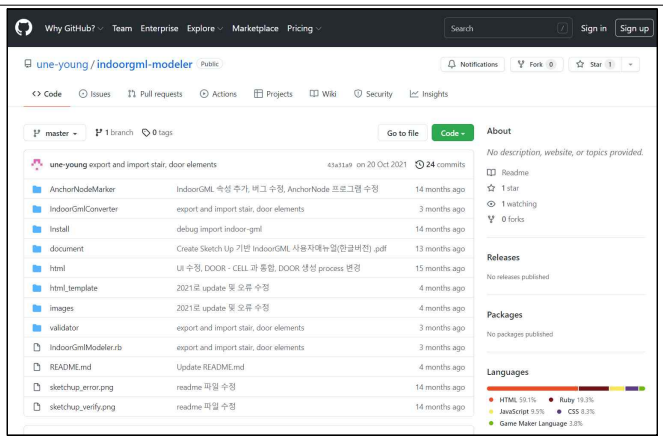


그림. GitHub 등록 화면

(2) 연구개발성과 활용 방안

○ 실내공간정보 표준에 대해서는지속적인 국내외 표준기구 활동을 통해 표준 발전 및 개발 과정 참여 예정이며, 지속적 성과 관리 및 발전을 위해 실내공간정보와 관련된 KAIA 및 IITP 국가연구개발사업에 참여할 예정(과제 제안 단계), 국토지리정보원 실내공간정보 작업메뉴얼 등에 반영 추진

○ 다수의 상용 소프트웨어 기반 IndoorGML 저작 도구들은 해당 기업들의 기술실시(3건)를 수행하였으며, 이를 통해 실제 사업 참여 및 실질적인 기술 발전에 기여 예정

○ 실내공간 기반의 다양한 공공 및 민간 서비스의 효율적 지원을 위해 핵심적으로 요구되는 형상 및 비형상 실내공간정보의 저비용, 고효율 구축 기술로 활용

○ 실내공간에 대한 정보의 변화가 다양함을 고려하여 기 구축되어 있는 실내공간정보의 갱신을 효율적으로 지원하여, 실내공간에 대한 정보의 활용을 극대화 할 수 있는 기술로 활용

○ 공공 뿐 아니라 민간에서도 확장, 활용하여 실내공간과 관련된 핵심 요소기술을 제공함으로서, 관련 산업을 활성화 할 수 있는 기반으로 활용

○ 연구수행 과정에서 도출되는 성과물을 활용하여 국토부, 서울시 실내공간정보 사업 등 공공부문에서 활용되는 실내공간정보 구축 매뉴얼, 지침 등의 개선에 활용

○ 클라우드 기반 실내공간정보 관리서비스(PaaS, SaaS) 및 실내공간정보 편집기 등의 성과물은 공동기관의 직접 기술실시 등을 통해 정부, 지자체, 공공기관 사업에 직접 활용

○ 다양한 지자체 공간정보 시스템과의 연계를 통해 본 연구의 성과물 활용 가능

[서울시립대학교 및 ㈜피플앤드테크놀러지]

○ 실시간 재난대응 및 건물 안전관리를 위한 스마트 솔루션

- 본 연구를 통해 개발된 실내 재난대응솔루션은 크게 3가지 단계에서 활용 가능함
- 첫 번째 단계는 건축물 심의 과정으로, 대피 및 화재 모델의 통합에 한계가 있는 기존 국외 시뮬레이션 기술을 대체하여, 재실자들이 화재 상황에서 대피함에 있어 건축물의 실내 구조가 미치는 영향을 보다 현실적으로 분석할 수 있을 것으로 기대됨
- 두 번째 단계는 평상 시 건물 안전관리 목적으로, 일정 규모 이상의 건물에는 소방안전관리자가 반드시 고용되어야 하고, 이들은 재난 발생 시, 인명피해를 최소화하기 위해 긴급 대피 전략을 수립함
- 본 솔루션은 세부 구역 단위로 집계된 실제 인원들을 이용하여 근실시간으로 대피 시뮬레이션을 수행할 수 있기 때문에, 특정 이벤트를 고려한 가상 시나리오 기반 시뮬레이션, 실시간 분포 기반 시뮬레이션 등 다양한 시나리오에서의 대피 시뮬레이션 결과 분석이 가능함
- 따라서 본 솔루션을 활용하면, 단순히 최단거리 출구로의 대피 지시가 아니라, 피해를 최소화할 수 있는 과학적 근거 기반의 대피 유도가 가능함
- 마지막은 소방대원들의 현장대응 목적으로, 소방대원들은 실내 공간의 구조 및 POI, 재난 발생 시점에서의 재실자 분포도, 재실자들의 예상 동선 등을 본 솔루션을 통해 파악할 수 있음
- 따라서 본 솔루션을 활용하면 현장대응 계획을 수립하기 위해 소요되는 시간을 단축할 수 있고, 재실자들의 예상 동선 및 가장 최근 시점의 분포 데이터를 통해 보다 효율적으로 구조 계획을 수립할 수 있음

[가이아쓰리디]

○ 연구개발성과 관리 방안

- 본 연구성과는 오픈소스를 활용하여 개발하였으며, 그 연구성과물은 오픈소스로 공개하여 Github를 통해 커뮤니티와 함께 관리(https://github.com/Gaia3D/openindoormap)
- 더불어 OpenIndoorMap 서비스는 사용자 참여형 서비스로서 사용자가 직접 자신의 실내공간 데이터를 업로드하고 타 사용자와 공유할 수 있는 양방향 서비스

○ 연구개발성과 활용분야

- 실내공간분야는 안전, 사물인터넷, 시설물관리, 가상 투어 등의 분야에서 시장이 창출될 것으로 기대됨
- 이런 시장의 주요 수요자는 대규모 제조업체, 건설업체, 국가기관 등으로 판단되며, 이들은 표준화된 패키지보다는 기관별 특성을 반영한 특화 솔루션에 대한 수요가 많음. 따라서 대규모 기관에는 이런 점을 고려하여 커스터마이징이 고려된 복합판매로 접근할 필요가 있음
- 결론적으로 본 사업화 모형은 자산관리를 목적으로 하는 B2B를 1순위로, 안전과 소방관리를 목적으로 하는 B2G를 2순위로 설정하고 사업을 수행할 필요가 있음
- 산업 안전 분야: 반도체 업체, 플랜트, 화학, 자동차 등 산업 안전 조처가 필수적으로 요구되는 대규모 제조 업체
- 소방, 방재 분야: 소방방재청, 국가기관 등 국민들의 생명과 안전을 보장해야는 기관
- 사물인터넷 분야: 실내외 각종 센서들을 이용하여 시설물 등을 관리하는 분야

○ 사업화 추진 방안

- 복합판매 시장(대기업, 국가기관)과 클라우드 서비스 시장으로 구분하여 접근
- 복합판매 시장에서는 솔루션 공급으로 1차적 수익을 얻고, 이어 커스터마이징으로 2차 수익을 확보
- 클라우드 시장은 클라우드 서비스가 바이럴 마케팅을 통해 수익을 낼 수 있도록 유도

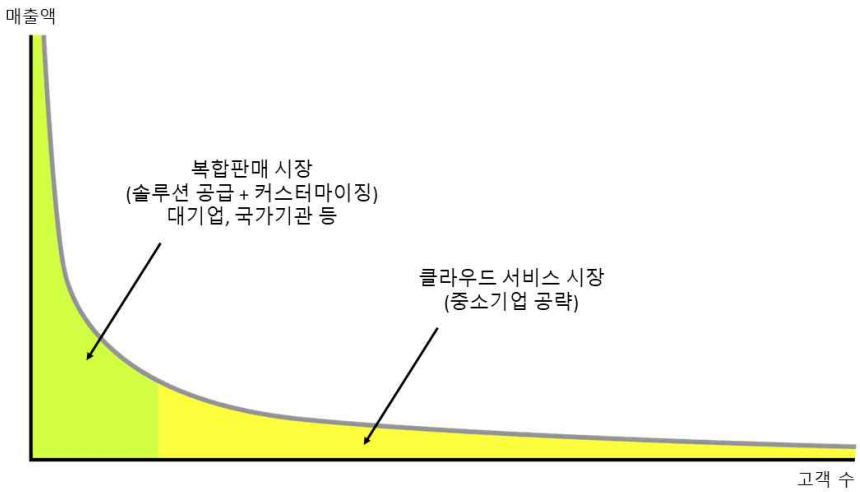


그림. 사업화 시장의 구성

○ 추가 연구 필요성

- 본 연구성과물은 주로 데이터 가시화와 공유에 집중하는 것으로 본 시스템을 통해 많은 데이터가 수집될 것으로 예상됨
- 이렇게 수집된 많은 데이터에서 유용한 정보를 추출하기 위한 인공지능(GeoAI) 연구 등이 필수적으로 요구될 것으로 보임
- 더불어, IoT 등 동적으로 수집되는 정보와 사용자 참여를 통해 수집된 정보를 통합적으로 활용하는 연구가 필요할 것으로 보임

[㈜어빌리티시스템즈]

○ 상용 버전 시각장애인 용 음성기반 실내지도 서비스 개발

- 코디스페이스㈜부터 전달 받은 기술을 지속 관리/개선하고 있으며, 기술을 발전시킬 예정임
- 본 연구개발로 품질 높은 서비스를 제공할 수 있는 기반이 조성되어 사회적 약자 배려 차원에서 서비스를 활용할 계획임

- 정확도와 안전성이 높은 측위 기술 개발로 시각장애인 음성지도 뿐만 아니라 다양한 위치기반서비스로 확장할 계획임

참고. 연구성과에 대한 AS-IS 및 TO-BE 정리

항목	기존(AS-IS)	성과(TO-BE)
저비용, 고효율 실내공간정보 구축	고비용 고정형 LiDAR 장비 활용	SLAM에서 수집된 Point Cloud 활용하여 구축 도구
	수동으로 도면 편집	인공지능/도면을 활용한 Crowdsourcing 구축 도구
IndoorGML 기반 실내공간정보 처리 및 관리	BIM 이용 실내지도 도구 부재	BIM/CAD를 IndoorGML 변환도구
	CAD 이용 실내지도 도구 부재	실내공간 데이터 모델 정의
	개별 파일단위의 지도 관리	Cloud 기반 IndoorGML 데이터 관리도구
	3D IndoorGML 편집도구 부재	편리한 3D IndoorGML 편집도구
실내공간정보 활용 및 실증서비스 구축	종합적 테스트 베드 부재	테스트 베드 및 실증서비스 구축
	Killer 응용분야 부재	실내재난 대응 모의실험 도구
		실내공간정보 공유 서비스
		시각장애인 지원 실내 길안내

참고. IndoorGML 서비스 모델 제안(건물에너지 IndoorGML 활용서비스 예시)

■ 서비스 명 : 실내공간정보기반 건물 에너지 케어 통합관리 플랫폼(서비스)

1. 추진배경 및 필요성

ㅇ (정책수요 연계성) 2050 탄소중립 목표에 대응한 건물 부문 이행 핵심 수단의 제공 및 고비용 구조에 의한 탄소 중립 이행 비용을 절감하기 위한 데이터 기반 정책 지원형 정보화 사업 필요성 대두

- '2030 국가 온실가스 감축목표 (NDC)'상향 추진 및 에너지기본계획, 전력수급기본계획, 기후변화대응 기본계획 이행과 부합
- 한국, 제26차 유엔기후변화협약 당사국총회(COP26, 2021.11)에서 기존 탄소배출량 저감 목표를 상향 발표 (기존: 2018년 대비 35% 이상 감축-> 40% 이상으로 상향)
  - 분야별(부처별) 목표달성 구체적 실행계획 및 방안 미흡
  - 건물 에너지 관리 주무부처 : 국토교통부
- 2020년 발표된 '대한민국 2050 탄소중립전략(대한민국정부)'에서는 목표달성을 위해 7대 부문(에너지, 산업, 건물, 수송, 폐기물, 농축수산, 탄소흡수원(산림))을 명시
  - 건물 부분 추진전략 : 녹색건축, 효율개선(4차 산업기술을 접목한 건물 에너지관리시스템 적용확대 포함), 생활에너지원 전환

ㅇ (정보화 필요성) 탄소중립 구현을 위해서는 전국 건물에 대한 에너지 검진 필요, 기존 사람 중심 고비용 진단 구조를 데이터 기반 신속 저비용 구조로 전환이 필수적으로 요구됨

- 국토교통부(한국부동산원)에서 '건축물 에너지.온실가스 정보체계'를 운영 중이나 사용량 취합에 의한 통계 제공 중심이며, 공공건물에 대한 에너지 진단이 시행 중이나 일부 건물(대상건물의 약 1% 내외)에 대한 현황 모니터링 수준에 국한
- 국가적 탄소배출량 저감 목표를 달성하기 위해서는 대상 건물을 확대, 개별 건축물 데이터에 기반한 지역/광역단위 에너지 데이터 통합, 스마트 관리체계 도입이 시급(지능정보화전략계획 수립 미흡 등으로 추진 예산 확보 지연)
- 미국 에너지부(DOE)는 BEDES(Building Energy Data Exchange Specification) 프로젝트를 통해 건물에너지 데이터 호환 체계를 구축
  - 국내 건물에너지 데이터 호환 체계 구축은 미국 대비 50% 수준이나, 데이터의 활용적 측면에서의 연구개발이 진행 중이며, 한국건설기술연구원(KICT) 등 국내 일부 연구기관을 중심으로 건물에너지 진단을 위한 AI학습데이터 분석연구 및 공공데이터기반 기술 프로토타입 개발이 진행 중임

ㅇ (지원 필요성) 건물 에너지 절감 및 탄소 중립은 전통적으로 국가 주도형 이행 특성을 갖고 있어 시장과 정책 그리고 기술이 유기적으로 통합 관리되어야 하며 이를 위한 지속적이고 안정적인 데이터 플랫폼 지원 체계가 필요

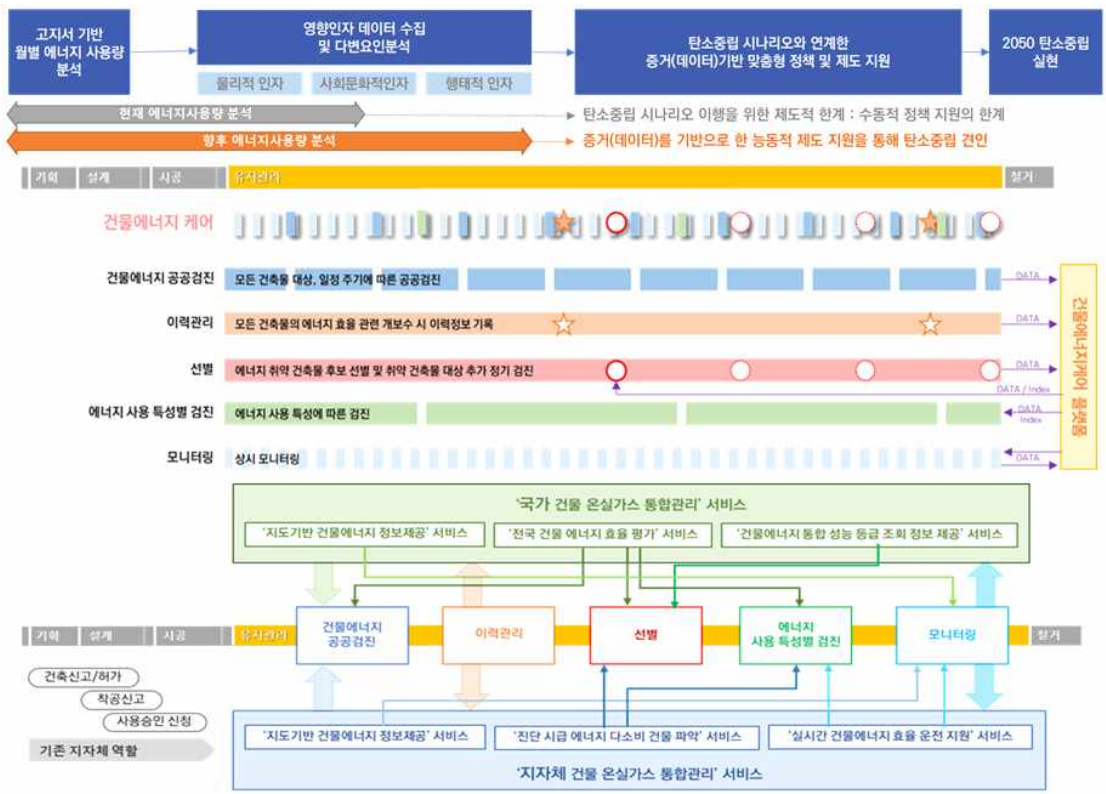
- 미국은 정부(DOE) 주도의 건물에너지 관리 체계를 구축하고 LBNL, NREL 등 국립 연구소와 연계를 통한 기술 개발 및 관리, 일본은 국가 건축연구소를 건설성 직속으로 배치하여 건물 에너지 및 탄소 중립 정책을 관리
  - 미국 정부는 DOE(에너지성)를 통하여 데이터 기반 건물 에너지 진단을 위한 ESPM 등 구축하여 운영 중
- 국내는 전국 건물 에너지 사용 데이터에 대해서는 통합 관리 체계를 갖고 있으나, 데이터 기반 광역 진단기술에 대해서는 국내 사례 없음

2. 사업 목적

○ 개발 목표시스템 (As-Is vs. To-Be)

As-Is		To-Be
현장 계측 중심 고비용 데이터 진단		**초저비용 디지털 신속 에너지 진단**
		
• 공공건물 등 일부 건물에 국한된 에너지 진단 시장 (건물 스톡의 1% 미만) • 고비용 구조 (최하 600만원~) • 건물별 전기, 가스, 지역난방에 대한 전년대비, 이웃집 대비 에너지 사용량 비교 서비스에 국한 • 총에너지 사용량 조회 서비스에 국한 • 비연동 상태의 부처별 기관별 건물 관련 공공 데이터	→	• 데이터 기반 에너지 효율 진단 방식으로 전체 건축물로 확산 가능 (건물 스톡의 60% 이상) • 동일 수준에서 저비용 검진 서비스 제공 (무료 ~ 오십만원 이하) • 건물별 난방, 냉방, 급탕, 조명, 환기 등 에너지 용도별 사용량 비교 서비스로 에너지 절약 구체성 확대 • 상세에너지 분류 서비스 및 진단 기능 제공 • 리라이브러리 작업을 통한 체계화된 시계열형 국가 건물에너지 통합 데이터베이스 기반 구축	

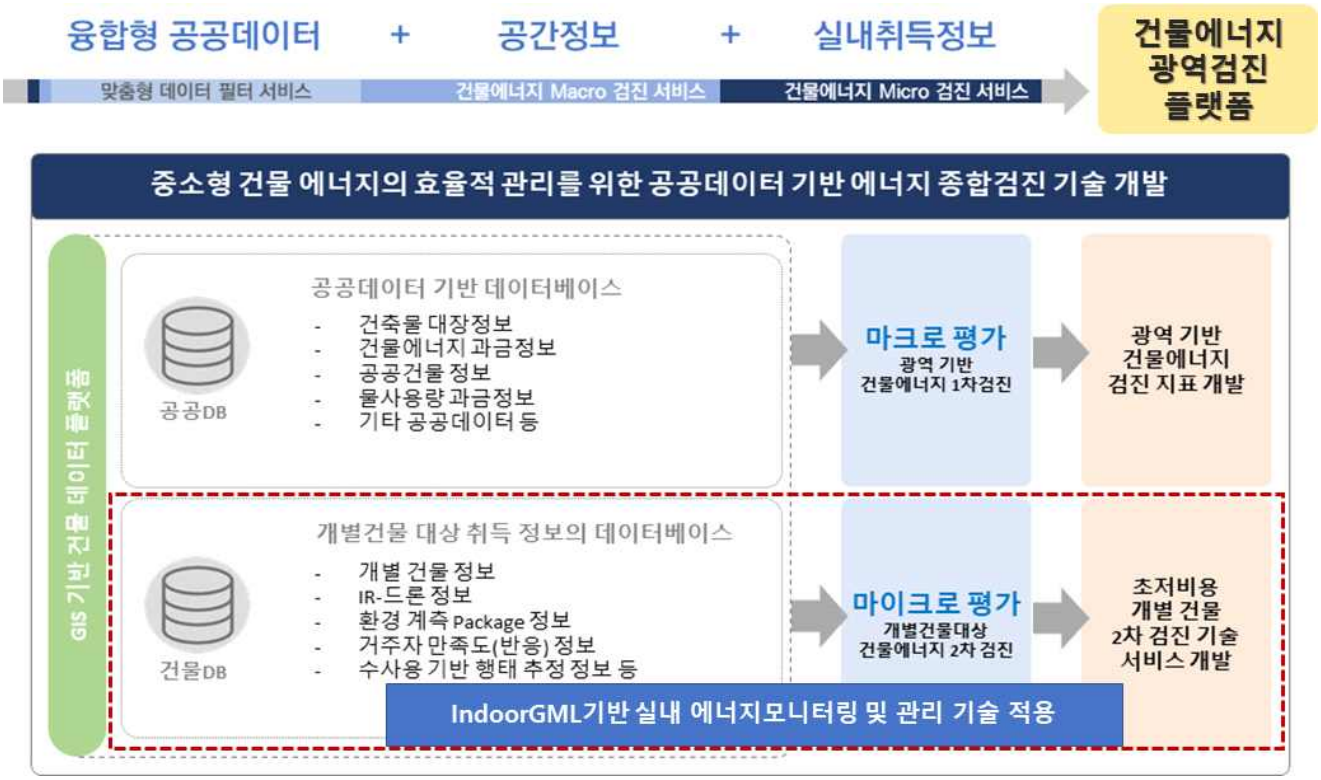
○ 사업목적 : 국가 탄소저감 정책 실현을 위한 데이터기반 건물 에너지 케어 스마트 통합관리 체계 구축



〈데이터기반 건물 에너지 케어 스마트 통합관리 체계(안)〉

○ 사업내용 : 국가 탄소저감 정책 이행을 위한 데이터기반 건물에너지 케어 통합관리 플랫폼 구축 정보화사업 [1차 : 공공, 2차 : 지자체 확대(민간포함)]

- 시범 지역 대상 공간정보 기반 건물에너지 데이터 플랫폼 구축
- 시범 지역 개상 건물 정보 통합 데이터 구축
- 건물에너지 광역 검진 시범 운용



〈국가 건물에너지 광역 검진 플랫폼 개발 (안)〉

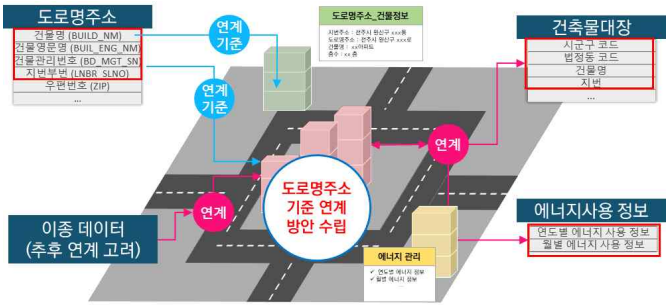
3. IndoorGML기반 건물 에너지 케어 통합관리 서비스 모델(안)

1) 건축물 에너지 관리를 위한 기반 공간정보 데이터 구축

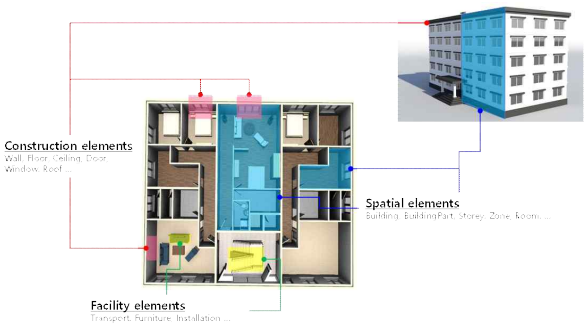
가. 건물에너지 정보관리를 위한 사용자 요구분석 및 데이터베이스 설계

○ 건물 에너지 관리를 위한 국가기본공간정보 및 건축물 대장정보 분석 및 연계

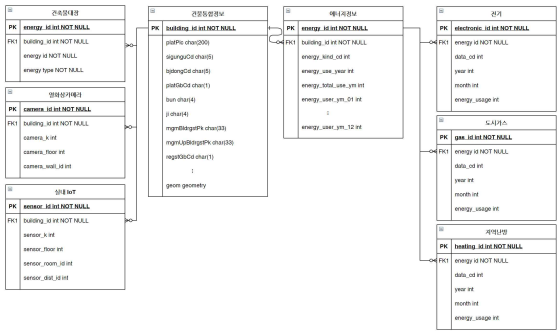
- 건축물대장(건물통합정보마스터 DB)과 도로명주소 데이터를 '공간연산(Spatial Join)' 기법을 통해 데이터 연계
- IndoorGML 실내공간정보 표준을 기반으로, 이를 반영한 건축물 실내공간 객체 구성 분류체계에 따른 LOD 체계 및 DB 설계



〈도로명주소-에너지사용량 정보 연계 방안〉



〈실내 공간 객체의 구성 요소〉



〈데이터 ERD〉

TABLE : 에너지정보

Column	Data type	Not Null	Primary Key	Comment
id	integer	Yes	Yes	에너지 ID
building_id	character varying(20)	No	No	건물 ID
energy_kind_cd	character varying(3)	No	No	에너지원 종류
energy_use_year	integer	No	No	에너지 사용년도
energy_total_use	numeric	No	No	1년 사용량 합계
energy_use_ym_01	numeric	No	No	1월 에너지사용량
energy_use_ym_02	numeric	No	No	2월 에너지사용량
energy_use_ym_03	numeric	No	No	3월 에너지사용량
energy_use_ym_04	numeric	No	No	4월 에너지사용량
energy_use_ym_05	numeric	No	No	5월 에너지사용량
energy_use_ym_06	numeric	No	No	6월 에너지사용량
energy_use_ym_07	numeric	No	No	7월 에너지사용량
energy_use_ym_08	numeric	No	No	8월 에너지사용량
energy_use_ym_09	numeric	No	No	9월 에너지사용량
energy_use_ym_10	numeric	No	No	10월 에너지사용량
energy_use_ym_11	numeric	No	No	11월 에너지사용량
energy_use_ym_12	numeric	No	No	12월 에너지사용량

Constraints	Type	Column
energy_pk	Primary Key	id
building_fk	Foreign Key	building_id

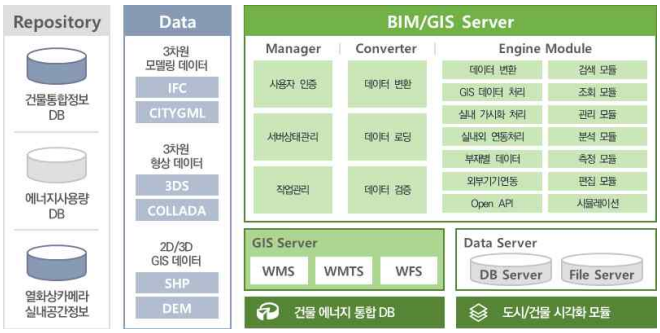
Database - platform_db

```
CREATE TABLE public.energyInfo
(
    id integer NOT NULL,
    building_id character varying(20) COLLATE pg_catalog."default",
    energy_kind_cd character varying(3) COLLATE pg_catalog."default",
    energy_use_year integer,
    energy_total_use numeric,
    energy_use_ym_01 numeric,
    energy_use_ym_02 numeric,
    energy_use_ym_03 numeric,
    energy_use_ym_04 numeric,
    energy_use_ym_05 numeric,
    energy_use_ym_06 numeric,
    energy_use_ym_07 numeric,
    energy_use_ym_08 numeric,
    energy_use_ym_09 numeric,
    energy_use_ym_10 numeric,
    energy_use_ym_11 numeric,
    energy_use_ym_12 numeric,
    CONSTRAINT energy_pk PRIMARY KEY (id),
    CONSTRAINT building_fk FOREIGN KEY (building_id)
        REFERENCES public.building (bldg_pk) MATCH SIMPLE
        ON UPDATE NO ACTION
        ON DELETE NO ACTION
)
WITH (
    OIDS = FALSE
)
TABLESPACE pg_default;

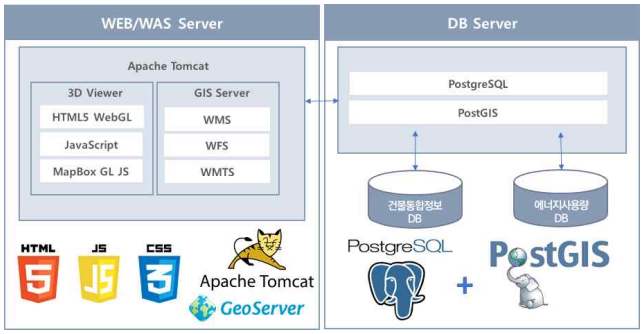
ALTER TABLE public.energyInfo
    OWNER to postgres;
```

〈건물 에너지 정보 테이블 명세〉

나. 건물에너지 관리 지원을 위함 웹 뷰어 및 DB 구축(안)



〈건물 에너지 관리 시스템 구성도〉

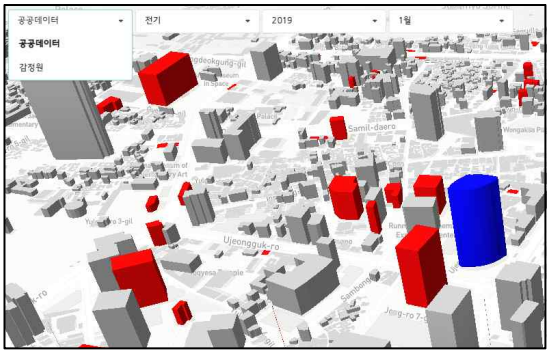


〈건물 에너지 관리 소프트웨어 구성도〉

○ 지자체를 대상으로 공간정보-에너지데이터 연계 시범 DB 구축(예시)



〈LOD1 수준 건물 3차원 가시화 기능〉



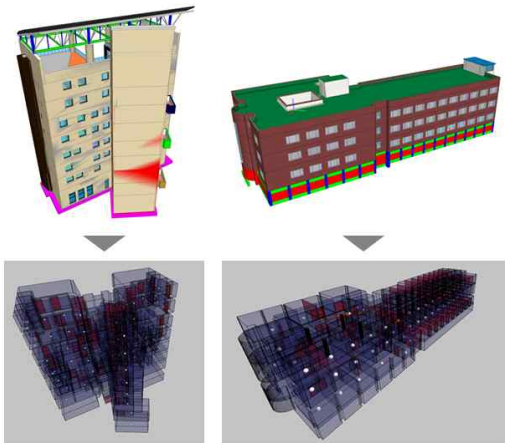
〈건물단위 에너지 데이터 가시화 기능〉

○ 한국건설기술연구원 대상으로 한 IndoorGML 시범 DB 구축(선행사례)



〈시범 DB 구축 대상〉

[제로카본그린홈실증주택] [수자원환경연구동]



〈IFC→IndoorGML 변환 예시〉

2) 수요 LOD별 대상 건축물 가시화 기술 개발

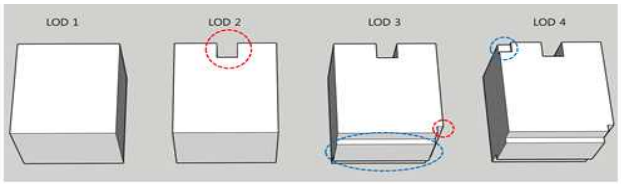
가. 건물에너지 관리분야 적용을 위한 실내공간정보 데이터모델 개선

〈실내공간정보 데이터 모델의 내·외부 구성요소〉

〈Spatial Element 측면 피쳐 클래스 분류〉

나. 건물에너지관리에 대응하기 위한 LOD(Level of Detail) 체계 적용

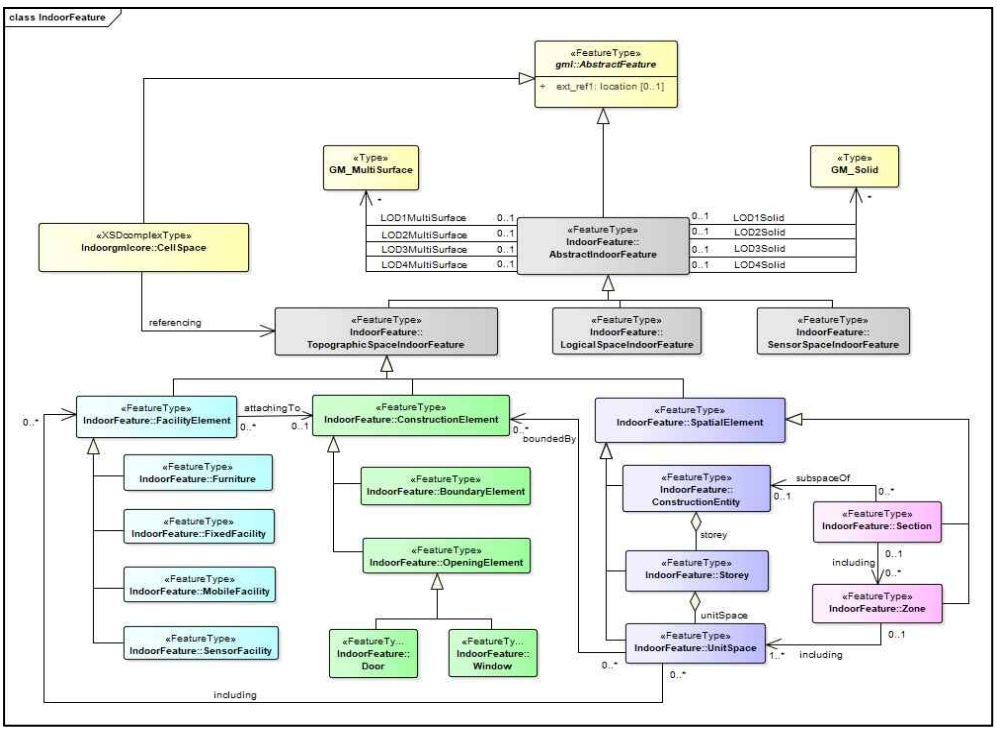
〈에너지 관리를 위한 계층적 공간 구조〉



SpatialElement	LOD1	LOD2	LOD3	LOD4
	수직/수평 요철표현 없음 (일면이 Convex hull 이어야 함)	수직요철표현 없음/ 일면에서 0.5X0.5 이하의 수평요철 표현X	0.5X0.5X0.1 이하의 수직요철 제거 일면에서 0.25X0.25 이하의 수평 요철 표현 X	모두 표현
ConstructionEntity(Building)	O	O	O	O
Storey	O	O	O	O
UnitSpace	O	O	O	O
Section	O	O	O	O
Zone	O	O	O	O

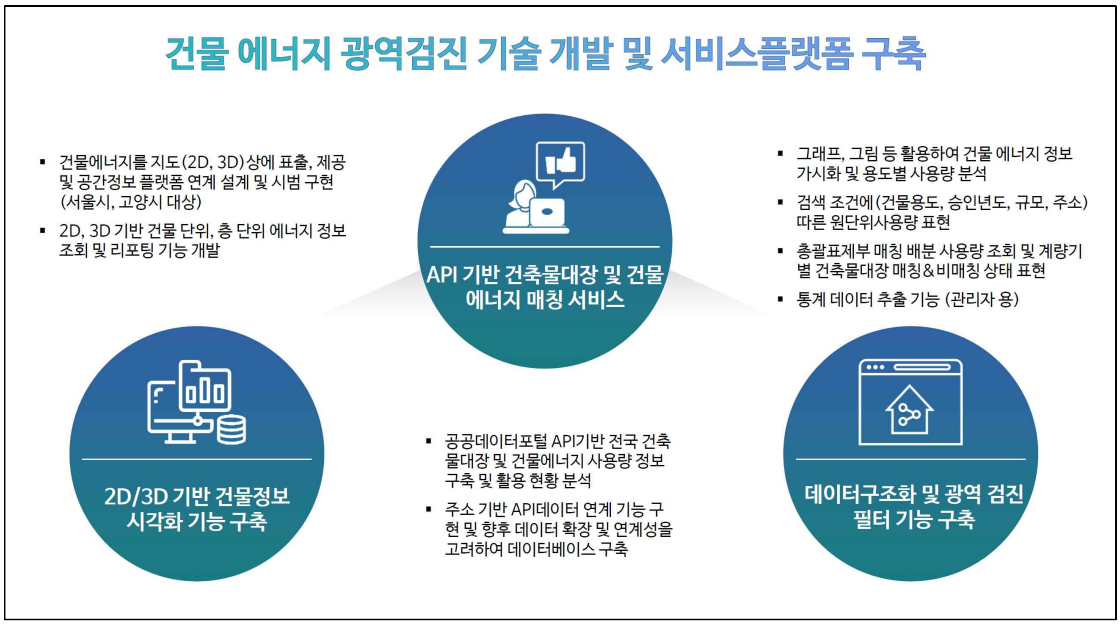
〈에너지 관리를 위한 계층적 공간 구조〉

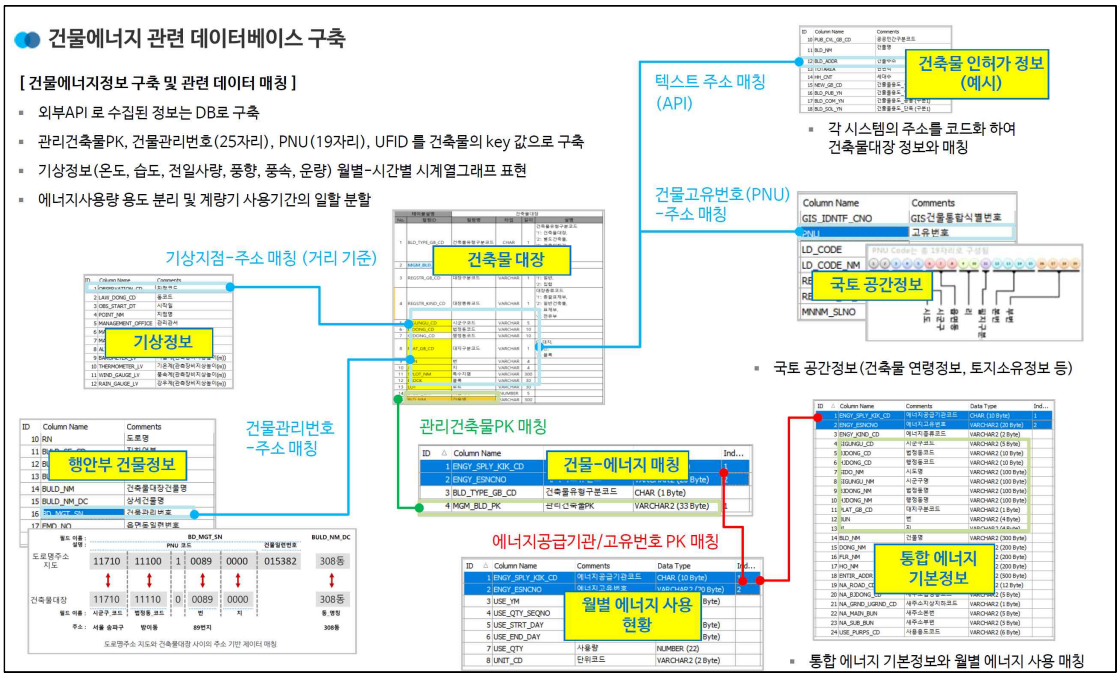
다. 건물에너지관리 지원을 위한 IndoorGML 확장모델 개발



〈확장된 피쳐 모델의 UML 다이어그램〉

3) 서비스 모델(안)


건물 에너지 광역검진 기술 개발 및 서비스플랫폼 구축
건물에너지를 지도(2D, 3D)상에 표출, 제공 및 공간정보 플랫폼 연계 설계 및 시범 구현 (서울시, 고양시 대상)
2D, 3D 기반 건물 단위, 층 단위 에너지 정보 조회 및 리포팅 기능 개발
API 기반 건축물대장 및 건물 에너지 매칭 서비스
그래프, 그림 등 활용하여 건물 에너지 정보 가시화 및 용도별 사용량 분석
검색 조건에(건물용도, 승인년도, 규모, 주소) 따른 원단위사용량 표현
총괄표제부 매칭 배분 사용량 조회 및 계량기별 건축물대장 매칭&비매칭 상태 표현
통계 데이터 추출 기능 (관리자 용)
2D/3D 기반 건물정보 시각화 기능 구축
공공데이터포털 API기반 전국 건축물대장 및 건물에너지 사용량 정보 구축 및 활용 현황 분석
주소 기반 API데이터 연계 기능 구현 및 향후 데이터 확장 및 연계성을 고려하여 데이터베이스 구축
데이터구조화 및 광역 검진 필터 기능 구축


건물에너지 관련 데이터베이스 구축
[건물에너지정보 구축 및 관련 데이터 매칭]
외부API 로 수집된 정보는 DB로 구축
관리건축물PK, 건물관리번호(25자리), PNU(19자리), UFID 를 건축물의 key 값으로 구축
기상정보(온도, 습도, 전일사량, 풍향, 풍속, 운량) 월별-시간별 시계열그래프 표현
에너지사용량 용도 분리 및 계량기 사용기간의 일할 분할
텍스트 주소 매칭 (API)
건축물 인허가 정보 (예시)
각 시스템의 주소를 코드화 하여 건축물대장 정보와 매칭
건물고유번호(PNU) -주소 매칭
국토 공간정보
국토 공간정보(건축물 연령정보, 토지소유정보 등)
기상지점-주소 매칭 (거리 기준)
건축물 대장
기상정보
건물관리번호 -주소 매칭
행안부 건물정보
관리건축물PK 매칭
건물-에너지 매칭
에너지공급기관/고유번호 PK 매칭
월별 에너지 사용 현황
통합 에너지 기본정보
통합 에너지 기본정보와 월별 에너지 사용 매칭


실내·외 공간정보 구축 및 활용
건물에너지 검진 정보와 실내외 공간정보 데이터를 연계하여 가시화하도록 개발
건물 별, 층 및 호실(Room)별 건물에너지 검진 정보를 조회할 수 있도록 개발
실내·외 공간정보 데이터
2D 기반 정보 조회 및 레포팅
3D 기반 정보 조회 및 레포팅
층별 2D/3D
실내공간별 2D/3D
2D 관련 DB
3D 관련 DB
예시
건물에너지
통계정보
공공 데이터 기반 건물에너지 광역 검진 기술 개발 성과
에너지 관련 DB
건물에너지 Macro 진단 결과
에너지 관련 DB
4D 건물에너지 진단 결과
2D/3D 기반으로 건물에너지 검진 정보를 조회 및 레포팅 할 수 있도록 개발
이종 데이터 융합
공간을 표현하는 정보와 에너지 진단 결과 데이터의 통합

4. 기대 효과

- ㅇ 「2050 탄소중립」 대응을 위한 건물에너지 사용량 저감·관리 기술 개발 및 건물의 에너지 효율을 일상에서 진단할 수 있게 하는 데이터 기반 건물 에너지 수요관리의 혁신적 수단 제공
- ㅇ 부처별 개별 목적에 의하여 독립적으로 운용되고 있는 건물 에너지 관련 데이터 및 정보의 연계 활용을 위한 베이스 인프라를 제공하여 향후 건물 에너지 데이터의 연동성 확대를 통한 건물 에너지 관리의 정책 효용성 확대 기대
  - 국가 온실가스 감축목표 달성이라는 국제적 약속 이행을 위한 건물 에너지 관리 인프라 마련과 건물에너지 검진 권리 보장, 데이터 기반 건물에너지 효율 향상 플랫폼을 통한 건물에너지 효율화 패러다임 전환의 주도적 역할 수행
- ㅇ 자발적 관리 능력이 부족한 에너지 소외계층, 에너지 빈곤층 등에 대한 초저비용 건물에너지 검진서비스의 확대 기회 제공과 국민 에너지 복지의 실효적 이행 수단 확보
  - ICT기술을 도입한 건물에너지 광역 검진 기술의 시범적 도입으로 시민의 에너지 삶의 질 향상과 스마트시티 활용가능한 가용 데이터를 구축함으로써 응용기술 기반 마련

참고. 사업화 추진 계획

(1) 공동기관별 단독 실용화 및 사업화 추진 방안

주요 성과 구분	실용화/사업화 형태	실적 및 사업화 추진 방안
[2-1] CAD/BIM Plug-In SW	기술이전	- 기술소유기관의 특성(출연연)으로 자체 사업화 보다는 기술이전을 통한 실용화 추진 중 - 기술이전 2건 실적 - 현재 기술이전 기업과의 협의를 통해 국제적 오픈소스 공유사이트(GitHub)에 등록, 해당 기업에서 추후 차별화 버전 개발을 통해 사업화 추진
[2-2] IndoorGML 표준	국내외 표준 등록	- 당 성과는 데이터 표준으로 사업화의 대상은 아님 - OGC IndoorGML 1.1 표준 개정 및 TTA 국내 표준 제정 실적
[2-3] 클라우드 실내공간정보 서버 (SW)	기술실시(예정)	- 기술소유기관의 기술실시(사업화)를 예정하고 있으며, 이를 통해 실용화 및 사업화 추진 예정 - 공공분야 실내공간정보 사업 참여(예: 서울시 S-Map, 국토지리정보원 사업 등)을 통한 사업화 추진
[2-4] SketchUp Plug-In SW	기술실시(예정)	- 기술소유기관의 기술실시(사업화)를 예정하고 있으며, 이를 통해 실용화 및 사업화 추진 예정 - 해당 성과를 상용소프트웨어(SketchUp)의 Third Party Add-In Warehouse에 공식 등록(현재 무료버전) - 추후 차별화 기능 추가 등을 통해 유료버전 사업화 계획

(2) 1·2·3세부 종합 패키지 상용화 가능성

○ 연구성과의 지적재산권 및 소유권 등의 제약조건으로 각 세부간 성과를 통합한 단일화된 패키지형태의 사업 추진은 현실적으로 어려움

- 기술개발 기관이 개발 기술을 소유하는 현행 국가연구개발사업 관련 규정에 따라, 통합된 기술 패키지 구성은 현실적으로 어려움

○ 통합 기술 패키지 구현 방안 1 : 특수목적법인(SPC)를 통한 구현

- 연구 참여 공동기관을 대상으로 통합 기술 패키지 구성 의사 및 동의 확인
- 본 연구단의 연구성과를 종합적으로 패키지화 하기 위한 목적의 특수 목적 법인(SPC) 설립(공동기관 지분 참여 형태)
- 통합 기술 패키지 참여 대상 기술성과물에 대한 기술이전을 통해 기술소유권을 SPC로 이전
- SPC로의 기술이전시, 해당 기술에 대한 기술가치 평가 및 참여 공동기관의 기여율 등을 산정
- 통합기술 패키지 구성, 상표권 등록 및 상용 패키지 출시
- (수익구조) 통합 기술 패키지 매출 및 영업이익에 대한 지분률 기준 참여 공동기관별 이익 분배

○ 통합 기술 패키지 구현 방안 2 : 공동기관(기업)의 타 기관 성과물에 대한 기술이전을 통해 구현

- 본 연구에 참여한 공동기관(기업) 가운데 한 기관에서 통합 기술 패키지를 구현하는 방안
- 단순 기술실시(통상)가 아닌 완전 기술이전(소유권 이전)을 통해 대상 기술을 양도(기술료 산정)
- 통합 기술 패키지 구현 기업에서 양도받은 기술들을 통합하여 상용 패키지를 출시
- (수익구조) 상용 패키지 출시 기관에서 매출 발생시 매출에 따른 경상기술료(러닝개런티) 배분

○ 통합 기술 패키지 구현 방안 3 : 적용 가능 대상 사업에 컨소시엄 형태로 참여하여 패키지를 구현

- 민간 및 공공 사업에 공동기관간 컨소시엄 구성을 통해 사업을 수행
- (수익구조) 이 경우에는 수행 업무별 컨소시엄 지분률별로 사업비를 배분

(3) 공간정보 대표 포털 등에 대한 기술 제공 방안

○ 연구 종료시점(2021)을 기준으로 실용화 검증 수준에서 오픈소스사이트 등록을 추진함

○ 외부 포털 등에서 실내공간정보 활용을 목적으로 하는 경우, 해당 기술들을 직접 활용 가능

○ 추가적인 기술 개발 및 커스터마이징 등에 대해서는 별도의 기술 용역을 통해 추진 가능

< 별첨 >

별첨 자료
1. 참고문헌
2. 총 연구개발기간 성과점검기준표 및 증빙자료

[뒷면지]

주 의

1. 이 보고서는 국토교통부에서 시행한 국토교통과학기술 연구개발사업 '세계 최고수준의 저비용 고효율 실내공간정보 핵심기술 개발 및 실증' 연구개발과제 최종보고서이다.

2. 이 연구개발내용을 대외적으로 발표할 때에는 반드시 국토교통부(국토교통과학기술진흥원)에서 시행한 국토교통과학기술 연구개발사업의 결과임을 밝혀야 한다.

3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 된다.